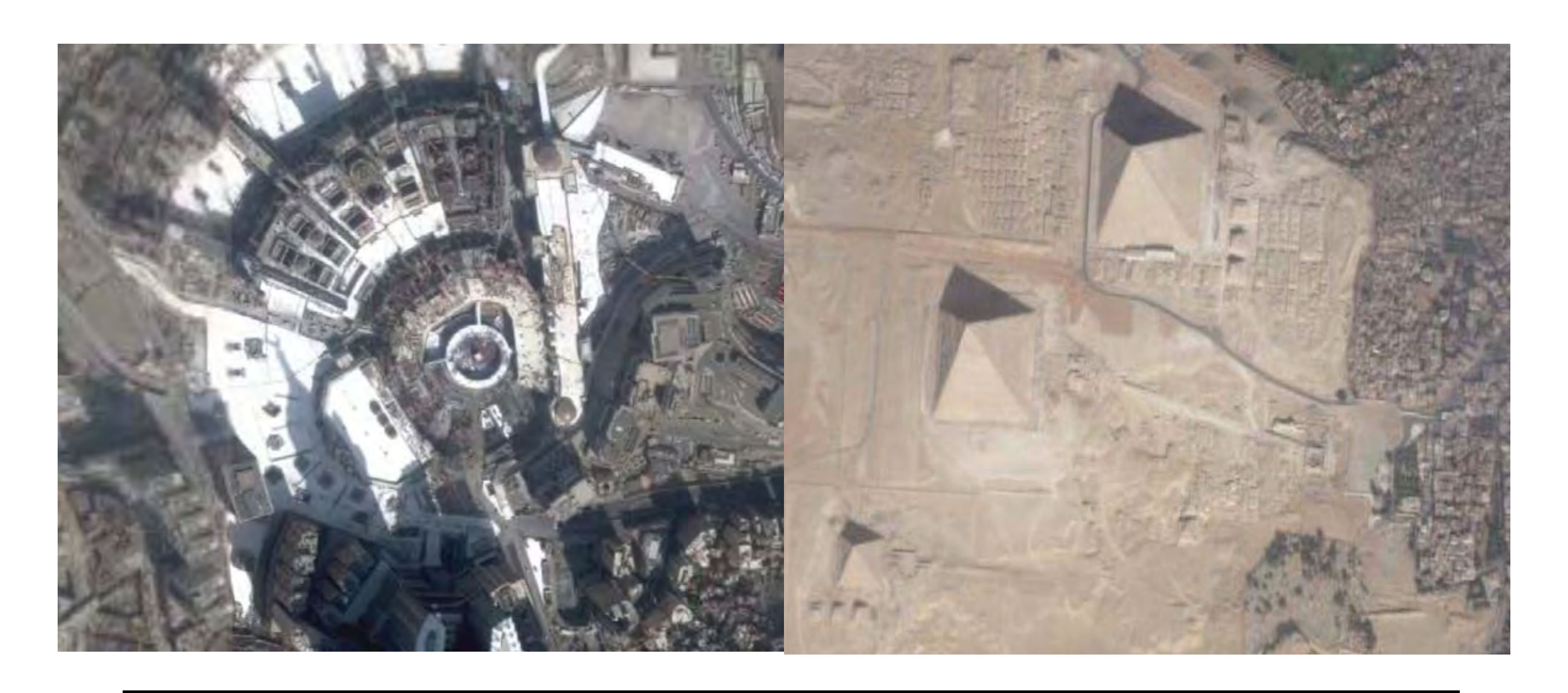


أسس و تطبيقات الاستشعار عن بعد

Fundamentals & Applications of Remote Sensing

د. جمعة محمد داود

١٤٣٦ هـ / ٢٠١٥

أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد

Fundamentals and Applications of Remote Sensing

د. جمعة محمد داود

Gomaa M. Dawod

النسخة الأولي

١٤٣٦ هـ / ٢٠١٥ م





اتفاقية الاستخدام

للإشارة إلى هذا الكتاب - كمرجع – برجاء إتباع النموذج التالي:

باللغة العربية:

داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٥ ، أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد، القاهرة، جمهورية مصر العربية.

باللغة الانجليزية:

Dawod, Gomaa M., 2015, Fundamentals and applications of remote sensing (in Arabic), Cairo, Egypt.

مقدمة النسخة الأولى

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ و الحمد لله العليم القدير الذي وهبني علما ووفقني في حياتي ، والصلاة والسلام علي معلم الأمم و خير البرية محمد بن عبد الله عليه الصلاة و السلام.

أدعو و أبتهل إلى مولاي و خالقي عز و جل أن يتقبل مني هذا العمل لوجهه الكريم فما أردت إلا إرضاؤه تعالى وتحقيقا لقول رسوله الكريم أن عمل ابن ادم ينقطع بعد موته إلا من ثلاث أحدهم: علم ينتفع به.

أردت أن أقدم عملا باللغة العربية عن **أسس ومبادئ الاستشعار عن بعد** بما يناسب طلاب المستوي الأول بالمرحلة الجامعية، فهذا ليس مرجعا شاملا، وإنما هو مدخل فقط. والكتاب الحالي يهتم في الأساس بالجانب النظري حيث تتعدد و تختلف برامج الكمبيوتر لمعالجة المرئيات الفضائية اختلافا كبيرا. إلا أن الملحق رقم ٣ بنهاية الكتاب يضم محاضرات الاستاذ الدكتور وسام الدين محمد في استخدام برنامج ايرداس لمعالجة المرئيات الفضائية، كما يضم الملحق رقم ٢ عرضا سريعا و ملخصا لبعض الدراسات التطبيقية الحديثة للاستشعار عن بعد.

والكتاب الحالي هو الثاني عشر - بفضل الله تعالى و توفيقه - من سلسلة كتبي الرقمية المخصصة لوجه الله تعالى وابتغاء مرضاته، وهي الموجودة في العديد من مواقع شبكة الانترنت. أيضا هذه هي التجربة الثانية لي في الاعتماد فقط علي مراجع أجنبية ومن ثم قيامي بترجمة بعض المصطلحات التقنية إلي اللغة العربية، فان كان اجتهادي في الترجمة قد أصاب فلي أجران و إن كنت قد أخطأت فلي أجر واحد كما في "معني" حديث رسول الله صلي الله عليه وسلم، فأرجو ألا تستغربوا من بعض هذه المصطلحات العربية الجديدة، كما أرجو أن تنجح هذه التجربة ويمكنكم إبداء آرائكم فيها بصراحة (يضم الملحق رقم ١ قائمة بالمصطلحات المترجمة و أصلها الأجنبي).

أدعو كل قارئ و كل مستفيد من هذا الكتاب أن يدعو الله تبارك و تعالى أن يغفر لي و لوالدي ، وأيضا ألا يحرمني من رأيه و تعليقاته وتصويباته - فلا يوجد كتاب إلا و به نواقص و أخطاء - سواء عبر البريد الالكتروني أو عبر منتدى الهندسة المساحية في:
http://surveying.ahlamontada.com/

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ ..... **وقل ربي زدني علما** .... صدق الله العظيم.

جمعة محمد داود
dawod_gomaa@yahoo.com

القاهرة: جمادي الاخرة ١٤٣٦ هـ/ أبريل ٢٠١٥ م

إهداء

إلي ابني الحبيب

الي من يحمل أشرف اسم في الوجود

إلى:





كتب أخري للمؤلف

١- الجيوماتكس: علم المعلوماتية الأرضية
٢- دراسات تطبيقية في الجيوماتكس
٣- المدخل إلى الخرائط
٤- المدخل إلى الخرائط الرقمية
٥- مبادئ علم نظم المعلومات الجغرافية
٦- التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية
٧- مبادئ المساحة
٨- رياضيات الهندسة المساحية
٩- المدخل إلى النظام العالمي لتحديد المواقع
١٠- أسس المساحة الجيوديسية و الجي بي أس
١١- مقدمة في الصور الجوية و المرئيات الفضائية

وكل هذه الكتب المجانية (بالإضافة لمواد تدريبية و ملفات تعليمية أخري) متاحة للتحميل كاملة في عدد كبير من مواقع شبكة الانترنت و منهم علي سبيل المثال:

- صفحتي علي موقع أكاديميا في الرابط:
http://nwrc-egypt.academia.edu/GomaaDawod

- المكتبة الرقمية المساحية المجانية في الرابط:
http://www.4shared.com/u/vJBH8xk_/__online.html

- صفحتي علي موقع جامعة أم القرى في الرابط:
http://www.uqu.edu.sa/staff/ar/4260086

بالإضافة إلي حوالي ٥٠ محاضرة فيديو علي اليوتيوب في قناتي بالرابط:
https://www.youtube.com/channel/UCcVBq89iSKrtYhxdyuQKIqA

قائمة المحتويات

المحتويات صفحة

المحتويات **صفحة**

الملاحق

الفصل الأول

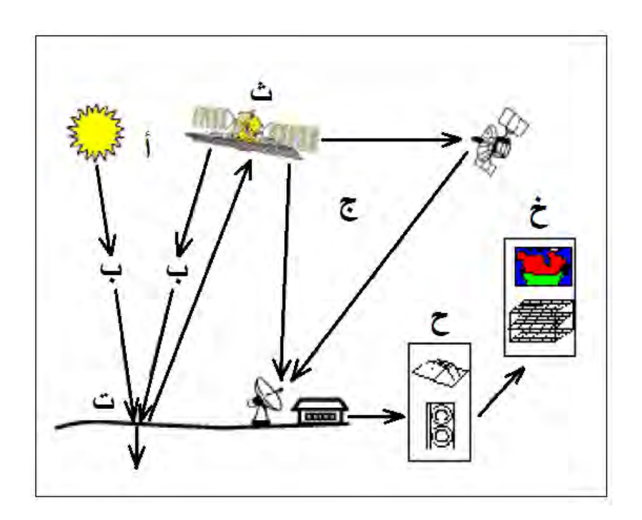
مقدمة

١-١ ما هو الاستشعار عن بعد ؟

الاستشعار عن بعد هو علم تجميع المعلومات عن سطح الأرض دون الاتصال أو التلامس الفعلي معه، وذلك من خلال تحسس و تسجيل الطاقة المنعكسة أو المنبعثة ومعالجتها و تحليلها وتطبيق هذه المعلومات.

Remote sensing is the science of acquiring information about the Earth's surface without actually being in contact with it. This is done by sensing and recording reflected or emitted energy and processing, analyzing, and applying that information.

في معظم تقنيات الاستشعار عن بعد فأن هذه العملية تشمل التفاعل بين الاشعاع الساقط و الأهداف ذاتها. ولتبسيط هذه العملية فسنتحدث عن نظم التصوير حيث توجد سبعة عناصر متفاعلة مع بعضها (لاحظ أن هناك تقنيات غير تصويرية للاستشعار عن بعد) وهي كالتالي:



شكل (١-١) مكونات عملية الاستشعار عن بعد

أ. مصدر الطاقة أو مصدر الاضاءة:

يتمثل أول متطلبات عملية الاستشعار عن بعد في وجود مصدر طاقة Energy source يقوم بإضاءة أو توفير طاقة كهرومغناطيسية electromagnetic energy للأهداف المطلوبة.

ب. الاشعاع و الغلاف الجوي:

ستمر الطاقة من مصدرها و حتى وصولها للأهداف المطلوبة من خلال الغلاف الجوي atmosphere ومن ثم ستتفاعل معه. وقد يتم هذا التفاعل مرة أخري عندما تسير (أو تنعكس) الطاقة من الأهداف الي أجهزة الاستشعار أو المستشعرات sensors .

ت. التفاعل مع الأهداف:

عندما تمر الطاقة خلال الغلاف الجوي لتصل الي الاهداف فأنها تتفاعل مع كل هدف طبقا لخصائص كلا من الهدف و الاشعاع.

ث. تخزين الطاقة من خلال المستشعرات:

بعد أن تنعكس (أو تنبعث) الطاقة من الأهداف فأننا نحتاج لجهاز استشعار أو مستشعر sensor (من بعد و ليس متلامسا مع الهدف) لتجميع و تسجيل هذا الاشعاع الكهرومغناطيسي.

ج. الارسال و الاستقبال و المعالجة:

تحتاج الطاقة التي تم تسجيلها بواسطة المستشعرات الي ارسالها transmission في صورة الكترونية غالبا الي محطة استقبال reception و معالجة processing حيث يتم معالجة البيانات وتحويلها الي مرئية image (رقمية و أحيانا ورقية).

ح. التفسير و التحليل:

يتم تفسير interpretation و تحليل analysis المرئية المسجلة سواء بصريا أو رقميا بهدف استخراج المعلومات عن الأهداف التي تم تحسسها عن بعد.

خ. التطبيق:

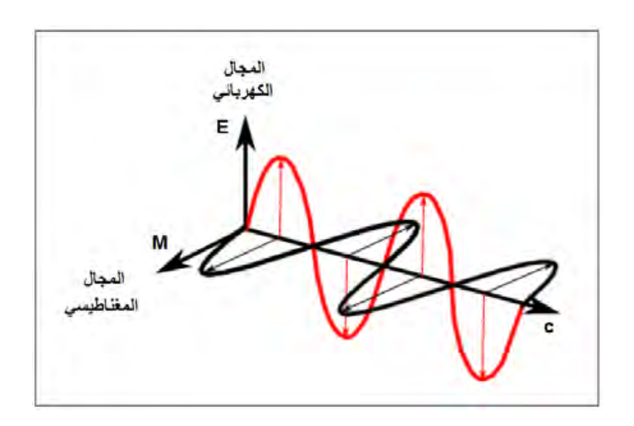
يتمثل العنصر الأخير من عناصر عملية الاستشعار عن بعد في تطبيق المعلومات التي تم الحصول عليها عن الأهداف بهدف الفهم الأفضل والحصول علي معلومات جديدة عن هذه الأهداف ومن ثم المساعدة في حل مشكلة معينة.

وسنستمر في تناول هذه العناصر السبعة لعملية الاستشعار عن بعد تفصيلا في الاجزاء القادمة.

١-٢ الاشعاع الكهرومغناطيسي:

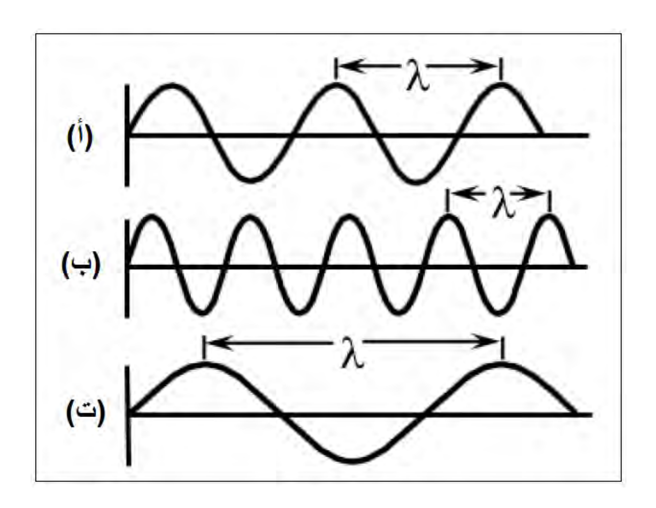
كما لاحظنا في الجزء السابق فأن أول متطلبات عملية الاستشعار عن بعد هو وجود مصدر طاقة يضئ الأهداف (في خالة أن الطاقة لا تنبعث من الأهداف ذاتها).وتكون هذه الطاقة في صورة اشعاع كهرومغناطيسي. وللإشعاع الكهرومغناطيسي خصائص أساسية و يتصرف بطريقة محددة طبقا لقوانين نظرية الموجات.

يتكون الاشعاع الكهرومغناطيسي من مجال كهربائي Electrical Field (E) والذي يتغير في القيمة في اتجاه عمودي علي اتجاه سريان الاشعاع و مجال مغناطيسي Magnetic Field (M) يتعامد علي المجال الكهربائي (ومن هنا جاء مصطلح الكهرومغناطيسي). و كلا المجالين الكهربائي و المغناطيسي يسيران بسرعة الضوء speed of light وتأخذ الرمز c.



شكل (١-٢) الاشعاع الكهرومغناطيسي

وهناك خاصيتين أساسيتين للإشعاع الكهرومغناطيسي لهما أهمية خاصة في فهم عملية الاستشعار عن بعد، وهما خاصيتي: طول الموجة و التردد.



شكل (١-٣) طول الموجة في الاشعاع الكهرومغناطيسي

طول الموجة wavelength هو طول دورة كاملة، ويمكن قياسه كمسافة بين قمتين متتاليتين، وعادة ما يرمز له بالحرف اللاتيني λ (لامدا). ويقاس طول الموجة بوحدات المتر (m) أو أجزاء منه مثل النانو متر (nm) الذي يساوي جزء من بليون ($١٠^{-٩}$) من المتر، أو الميكرو متر (μm) الذي يساوي جزء من مليون ($١٠^{-٦}$) من المتر، أو السنتيمتر (cm) الذي يساوي جزء من مائة ($١٠^{-٢}$) من المتر.

أما التردد frequency فهو عدد موجات الموجة في فترة زمنية محددة. ويقاس التردد بوحدات الهرتز hertz (Hz) وهو موجة واحدة في الثانية، ومضاعفات الهرتز.

والعلاقة بين طول الموجة و التردد تعبر عنها المعادلة التالية:

$$c = \lambda v \qquad (1)$$

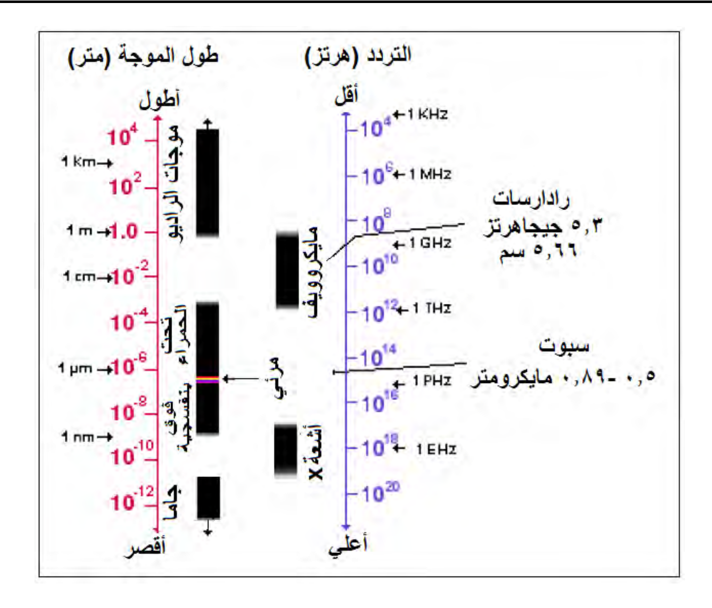
حيث:

c سرعة الضوء = ٣×١٠^{٨} متر/ث،
λ طول الموجة بالمتر،
v التردد (بالهرتز أي عدد الموجات/ث).

ومن هذه المعادلة يمكننا أن نقول أن طول الموجة و التردد لهما علاقة عكسية، فكلما قصر طول الموجة أرتفع التردد وكلما زاد طول الموجة انخفض التردد. وتجدر الاشارة الي أن فهم خصائص الاشعاع المغناطيسي هام للغاية لفهم المعلومات التي يمكن الحصول عليها من عملية الاستشعار عن بعد.

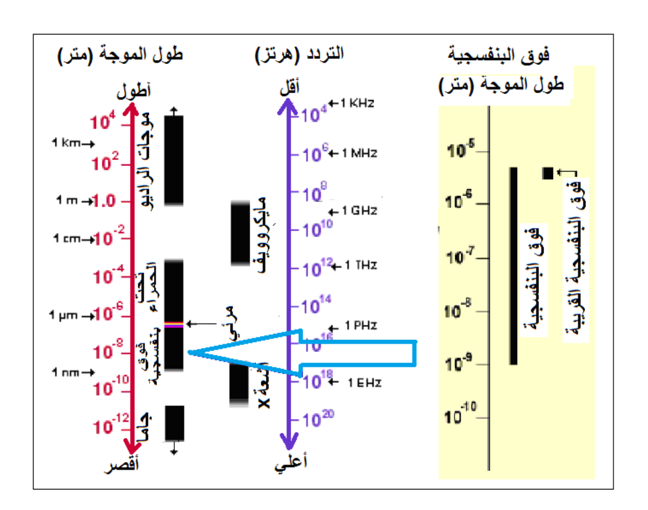
١-٣ المجال الكهرومغناطيسى:

يتراوح المجال الكهرومغناطيسي electromagnetic spectrum بين أطوال موجات قصيرة (مثل أشعة جاما gamma و الاشعة السينية x-ray) وأطوال موجات طويلة (مثل الموجات القصيرة أو المايكروويف microwaves و موجات الراديو radio waves). وهناك عدة مناطق في المجال الكهرومغناطيسي مفيدة للاستشعار عن بعد.



شكل (١-٤) المجال الكهرومغناطيسي

لعدة أهداف فأن الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet (أو اختصارا UV) لها أقصر طول موجة مما يجعلها عملية لبعض أنواع الاستشعار عن بعد. وهذا الجزء من المجال الكهرومغناطيسي يقع مباشرة خلف الاشعة البنفسجية من الضوء المرئي، ومن هنا جاء أسمه. وتوجد بعض مواد سطح الأرض - خاصة الصخور والمعادن - ينبعث منها ضوءا مرئيا عندما تقع عليها الأشعة فوق البنفسجية.

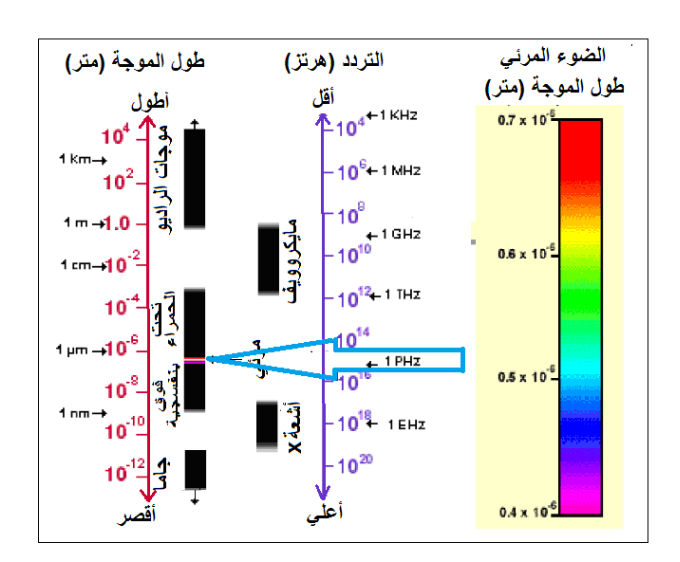


شكل (١-٥) الأشعة فوق البنفسجية

ان الضوء الذي تراه أعيننا هو جزء من المجال الكهرومغناطيسي المرئي visible spectrum. ومن الجدير ملاحظة كم هو قليل بالمقارنة ببقية المجال الكهرومغناطيسي كما هو موضح بالشكل التالي. أي أن هناك الكثير من أنواع الاشعاع حولنا لكن أعييننا لا تستطيع رؤيتها، ولذلك تسمي أشعة غير مرئية invisible، لمن يمكن تحسسها أو استشعارها من خلال أجهزة الاستشعار ومن

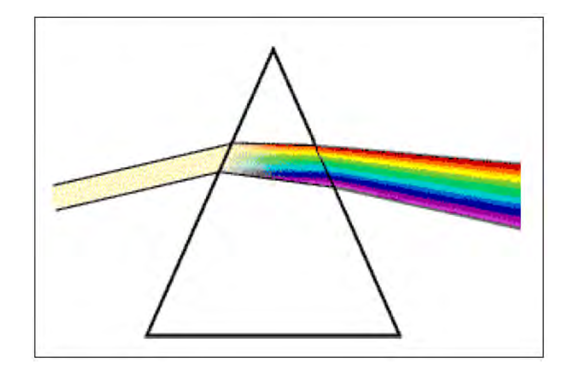
ثم الاستفادة منها. يغطي الضوء المرئي مجالا يتراوح بين ٠.٤ الي ٠.٧ مايكرومتر. واللون أو الضوء الأحمر له أطول موجة في مكونات الضوء المرئي، بينما اللون البنفسجي له أقصر طول موجة كما هو موضح بالشكل التالي. ونشمل مكونات الضوء المرئي الألوان التالية:

- البنفسجي violet : طول موجة ٠.٤ - ٠.٤٤٦ مايكرومتر
- الأزرق blue : طول موجة ٠.٤٤٦ - ٠.٥٠٠ مايكرومتر
- الأخضر green : طول موجة ٠.٥٠٠ - ٠.٥٧٨ مايكرومتر
- الأصفر yellow : طول موجة ٠.٥٧٨ - ٠.٥٩٢ مايكرومتر
- البرتقالي orange : طول موجة ٠.٥٩٢ - ٠.٦٢٠ مايكرومتر
- الأحمر red : طول موجة ٠.٦٢٠ - ٠.٧ مايكرومتر



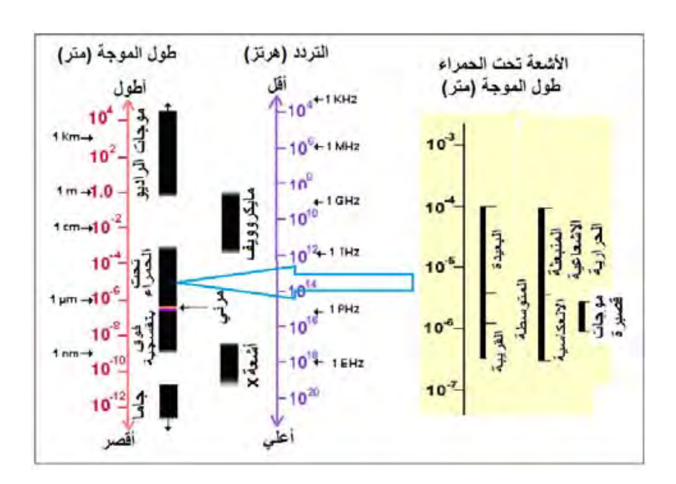
شكل (١-٦) الضوء المرئي

ويعد الأزرق و الأخضر و الأحمر الألوان الأساسية في المجال المرئي، وذلك بسبب أن أي لون أساسي لا يمكن أن يتكون من الألوان الأخرى بينما كل الألوان الأخرى مركبة من هذه الألوان الأساسية. ومع أننا نري ضوء الشمس كأنه لون متجانس homogeneous أو منتظم uniform إلا أنه في الحقيقة مركب من عدة مركبات أو عدة أطوال موجة من مجال الاشعاع وخاصة الاشعة فوق البنفسجية و الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء. ويمكن رؤية مكونات الجزء المرئي من الاشعاع الكهرومغناطيسي عندما نمرر الضوء من خلال منشور prism كما في الشكل التالي:



شكل (١-٧) مركبات الضوء المرئي

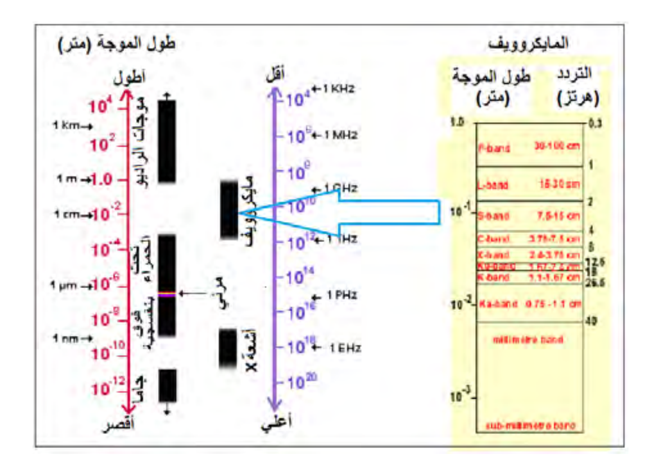
الجزء التالي الهام من المجال الكهرومغناطيسي هو الاشعة تحت الحمراء Infrared (أو اختصارا IR) والذي يغطي أطوال موجات من ٠.٧ تقريبا الي ١٠٠ مايكرومتر، أي أنه مائة مرة أعرض من الجزء المرئي. ويمكن تقسيم الاشعة تحت الحمراء الي مجموعتين بناءا علي خصائصهما الاشعاعية: تحت الحمراء الانعكاسية Reflected IR وتحت الحمراء الانبعاثية أو الحرارية Thermal IR. تستخدم الاشعة تحت الحمراء في الاستشعار عن بعد بطريقة تماثل استخدام الضوء المرئي. والأشعة تحت الحمراء الانعكاسية تغطي أطوال موجات تقريبا من ٠.٧ الي ٣.٠ مايكرومتر. أما الاشعة تحت الحمراء الحرارية فتختلف تماما عن الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء الانعكاسية، فهذا الجزء من الطاقة الكهرومغناطيسية ينبعث أساسا من سطح الأرض في صورة حرارة. و تغطي الأشعة تحت الحمراء الحرارية أطوال موجات تقريبا من ٣.٠ الي ١٠٠ مايكرومتر.



شكل (١-٨) الأشعة تحت الحمراء

الجزء الذي أصبح حديثا مثارا للاهتمام في الاستشعار عن بعد هو الأشعة القصيرة أو المايكروويف microwave والذي يتراوح طول موجته ما بين ١ ملليمتر الي ١ متر. وهذا يمثل أطول موجات الاشعة المستخدمة في الاستشعار عن بعد. وأشعة المايكروويف قصيرة طول الموجة لها خصائص

مماثلة لخصائص الاشعة تحت الحمراء الحرارية، بينما تستخدم الاشعة طويلة الموجة في البث التلفزيوني و الاذاعي.

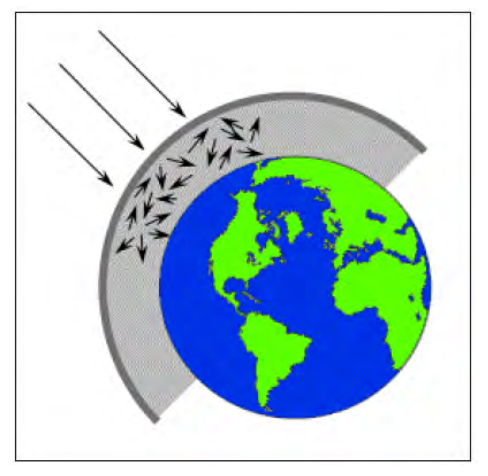


شكل (١-٩) أشعة المايكروويف (الأشعة القصيرة)

١-٤ التفاعل مع الغلاف الجوى:

قبل أن يصل الاشعاع المستخدم في الاستشعار عن بعد الي سطح الأرض فأنه يمر بطبقات الغلاف الجوي، ومن الممكن أن تؤثر الجزئيات و الغازات الموجودة في الغلاف الجوي علي هذا الاشعاع. وتكون أسباب هذه التأثيرات ما يعرف بالتشتت و الامتصاص.

يحدث التشتت scattering عندما توجد جزئيات كبيرة من الغازات في الغلاف الجوي مما يجعل الاشعاع الكهرومغناطيسي ينحرف أو يتشتت عن مساره الأصلي. ويعتمد حجم هذا التشتت علي عدة عوامل منها طول موجة الاشعاع ووفرة جزئيات الغازات و المسافة التي يقطعها الاشعاع خلال الغلاف الجوي.



شكل (١-١٠) التشتت في الغلاف الجوي

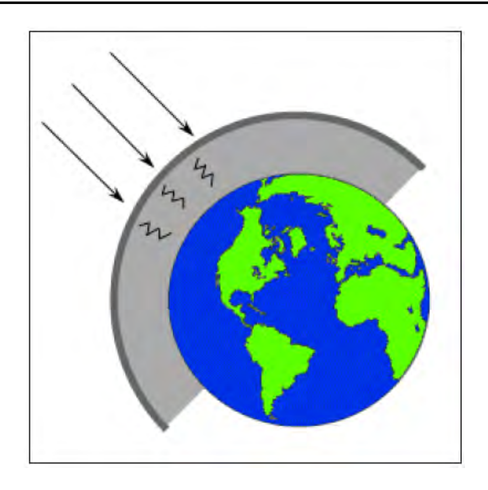
يوجد ثلاثة أنواع من التشتت:

- تشتت Rayleigh ويحدث عندما تكون الجزئيات صغيرة جدا بالمقارنة بطول موجة الاشعاع، مثل جزئيات النتروجين و الاكسجين و ذرات التراب. ويؤثر هذا النوع من التشتت علي الطاقة ذات أطوال الموجة القصيرة بدرجة أكبر من تلك ذات أطوال الموجة الكبيرة، وهو نوع التشتت الأكبر في الطبقات العليا من الغلاف الجوي. وهذا التشتت هو السبب في رؤيتنا السماء باللون الأزرق خلال النهار حيث أن ضوء الشمس عندما يمر بالغلاف الجوي فأن الموجات القصيرة (الأزرق) من الضوء المرئي ستشتت و تنتشر بدرجة أكبر من الموجات الأطول موجة.

- تشتت Mie ويحدث عندما تكون الجزئيات بنفس حجم طول موجة الاشعاع، مثل جزئيات التراب و الدخان و بخار الماء. ويؤثر هذا النوع من التشتت علي الطاقة ذات أطوال الموجة الطويلة بدرجة أكبر من تلك ذات أطوال الموجة القصيرة، ومن ثم فهو يحدث في الطبقات السفلي من الغلاف الجوي وخاصة عندما تكون السحب معتمة أو غائمة.

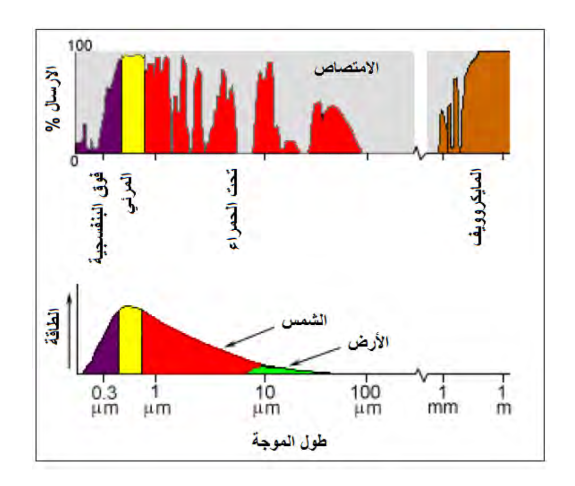
- التشتت غير الانتقائى nonselective ويحدث عندما تكون الجزئيات أكبر من حجم طول موجة الاشعاع، مثل جزئيات التراب الكبيرة وقطرات الماء. ويؤثر هذا النوع من التشتت علي جميع أنواع الطاقة لجميع أطوال الموجات بدرجة متساوية، وهو المسبب لظهور الضباب و السحب باللون الأبيض لأعيننا حيث أن الألوان الأزرق و الأخضر و الأحمر ستشتت بنفس الدرجة.

يحدث الامتصاص absorption بصورة مغايرة للتشتت، فالامتصاص يتسبب في أن تقوم جزئيات الغلاف الجوي بامتصاص الطاقة في أطوال الموجات المختلفة. ويعد الاوزون و ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء العوامل الثلاثة المسببة للامتصاص. ان الاوزون يمتص الاشعاع فوق البنفسجي الضار للإنسان، ولولا وجود هذه الطبقة في الغلاف الجوي لاحترق جلد الانسان عند التعرض لأشعة الشمس. أما ثاني أكسيد الكربون فيمتص الاشعاع بقوة في نطلق الاشعة تحت الحمراء البعيدة من مجال الطاقة الكهرومغناطيسية مما يتسبب في احتفاظ الغلاف الجوي بالحرارة وهو المؤدي لظاهرة الاحتباس الحراري. أما بخار الماء فيمتص الطاقة في كلا من نطاق الاشعة تحت الحمراء طويلة الموجة و أيضا الموجات القصيرة أو الميكروويف (بين ٢٢ مايكرومتر و ١ متر). ويختلف وجود بخار الماء في الطبقات السفلي من الغلاف الجوي من مكان لآخر ومن وقت لآخر طوال العام، فعلي سبيل المثال فأن المناطق الصحراوية بها القليل من بخار الماء بينما المناطق المدارية بها تركيز أعلي من بخار الماء أي رطوبة عالية.



شكل (١-١١) الامتصاص في الغلاف الجوي

حيث أن هذه الغازات تمتص الطاقة الكهرومغناطيسية بصور مختلفة في نطاق الطاقة فأنها تؤثر في تحديد النطاقات التي يمكن استخدامها في تطبيقات الاستشعار عن بعد. فالمناطق - داخل نطاق الطاقة الكهرومغناطيسية - التي لا تتأثر بشدة بالامتصاص في الغلاف الجوي تكون مناطق مفيدة للاستشعار عن بعد، ومن ثم يطلق عليها اسم "نوافذ الغلاف الجوي atmospheric windows". وبمقارنة خصائص مصدري الطاقة (أي الشمس و الأرض) مع نوافذ الغلاف الجوي المتاحة فيمكننا تحديد أطوال الموجات التي يمكن استخدامها بكفاءة في عملية الاستشعار عن بعد. فالجزء المرئي من نطاق الطاقة الكهرومغناطيسية يكون حساسا لنوافذ الغلاف الجوي و أيضا لقمة الطاقة الشمسية. أما الطاقة الحرارية المنبعثة من الأرض فأنها تكون في نافذة حوالي ١٠ مايكرومتر في نطاق الاشعة تحت الحمراء الحرارية، بينما النافذة الأكبر من أطوال الموجات بعد ١ ملليمتر تكون في نطاق الموجات القصيرة أو المايكروويف.



شكل (١-١٢) نوافذ الغلاف الجوي

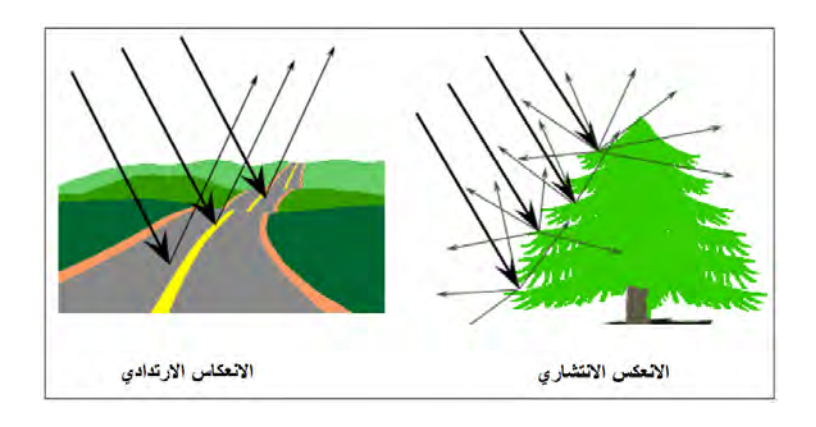
١-٥ التفاعل مع الأهداف:

يمكن للإشعاع الذي لا يمتص أو يتناثر في الغلاف الجوي أن يصل و يتفاعل مع الأهداف الموجودة علي سطح الأرض. وهناك ثلاثة صور للتفاعل هذه الطاقة الساقطة I (كما في الشكل التالي): الامتصاص A ، النفاذ T ، الانعكاس I ، ويتم التفاعل مع الاهداف في واحدة أو أكثر من هذه الصور بناءا علي طول موجة الاشعاع و خصائص الأهداف ذاتها.



شكل (١-١٣) صور التفاعل مع الأهداف

يحدث الامتصاص absorption عندما يقوم الهدف بامتصاص الطاقة الساقطة بينما يحدث النفاذ transmission عندما يتم مرور الطاقة من خلال الهدف، ويحدث الانعكاس reflection عندما يعكس الهدف هذه الطاقة و يعيد توجيهها. وفي الاستشعار عن بعد فأننا نهتم بقياس الاشعاع المنعكس من هذه الأهداف الأرضية، وهنا يوجد نوعين من الانعكاس: الانعكاس الارتدادي specular reflection و الانعكاس الانتشاري diffuse reflection



شكل (١-١٤) أنواع الانعكاس

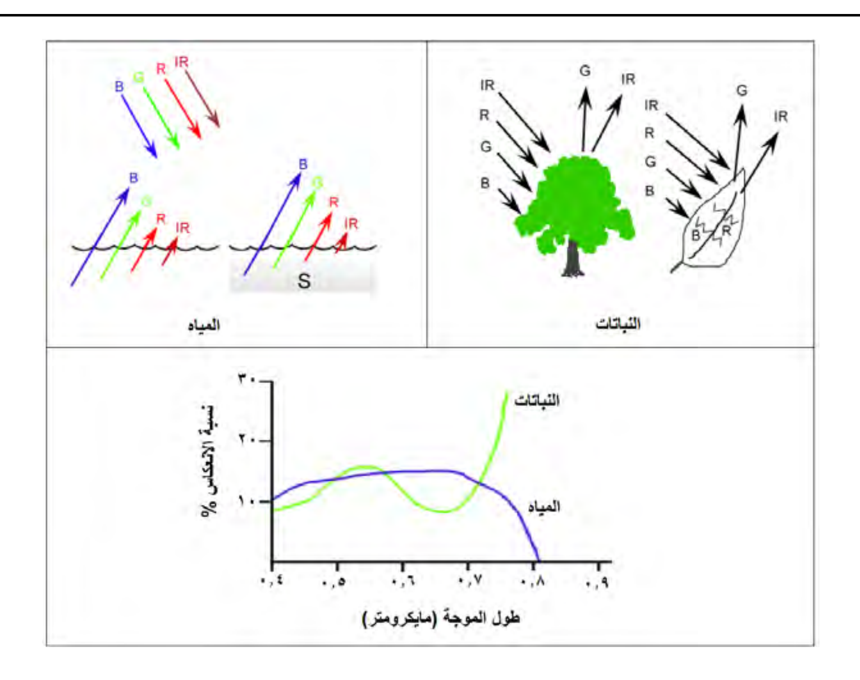
عندما يكون الهدف أملس أو ناعم smooth فيحدث الانعكاس الارتدادي أو ما يمكن تسميته الانعكاس كشبه المرآة حيث تنعكس كل أو معظم الطاقة الساقطة بعيدا عن سطح الهدف في اتجاه واحد. أما الانعكاس الانتشاري فيحدث عندما يكون سطح الهدف خشن rough حيث تنعكس الطاقة

تقريبا بانتظام في جميع الاتجاهات. وكل الأهداف الأرضية تقع فيما بين حالتي الانعكاس هاتين اعتمادا علي درجة خشونة roughness الهدف مقارنة بطول موجة الاشعاع الساقط عليه. فإذا كان طول الموجة صغير جدا بالمقارنة بتغيرات السطح أو حجم الجزئ particle size الذي يتكون منه سطح هذا الهدف فأن الانعكاس الانتشاري يكون هو الغالب. فعلي سبيل المثال فأن الرمال الدقيقة ستظهر ناعمة جدا بالمقارنة لموجات الميكروويف (طول موجة كبير) لكنها ستكون خشنة بالمقارنة لموجات الضوء المرئي.

لنأخذ الان مثالين تفصلين لأهداف سطح الأرض وكيف ستتفاعل مع الطاقة في نطاق الضوء المرئي و نطاق الأشعة تحت الحمراء (الشكل التالي).

- أوراق النباتات leaves: وفيها فأن مادة الكلوروفيل ستمتص بقوة الاشعاع في أطوال الموجة للون الأزرق و الأحمر وستعكس طول موجة اللون الأخضر، وهذا ما يجعلنا نري النباتات خضراء اللون ويزداد اخضرارها في فصل الصيف حيث تكون مادة الكلوروفيل في أقصي قيمها. بينما في فصل الخريف فيكون هناك كلوروفيل أقل مما يجعل انعكاس اللون الأخضر أقل بينما يكون هناك انعكس أكثر (أو امتصاص أقل) في اللون الأحمر مما يجعل لون النباتات أحمر أو أصفر (لاحظ أن اللون الأصفر ما هو إلا مكون من كلا اللونين الأحمر و الأخضر). أيضا فأن التركيب الداخلي لصحة النبات يعمل كعاكس انتشاري مثالي في الأشعة تحت الحمراء القريبة near infrared، أي أنه اذا كانت عين الانسان حساسة لهذه الأشعة فأننا كنا سنري النباتات أكثر لمعانا لطول الموجة هذه. وفي الحقيقة فأن قياس و متابعة الاشعة تحت الحمراء القريبة المنعكسة يعد مقياسا لمدي صحة how healthy النباتات في تطبيقات الاستشعار عن بعد.

- المياه water: وفيها سيتم امتصاص أطوال الموجات الكبيرة من الضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء القريبة بدرجة أكبر من تلك الأشعة ذات أطوال الموجة القصيرة. ومن ثم فأن المياه تظهر باللون الأزرق أو الأزرق-الأخضر نتيجة الانعكاس القوي لهذه الموجات القصيرة، وتظهر المياه داكنة عند رؤيتها بالأشعة تحت الحمراء. فإذا وجدت مواد عالقة suspended sediments (S) في الطبقة العليا من المسطح المائي فأنها ستسبب في انعكاس أفضل و مظهر أكثر لمعانا. لكن هذه المواد العالقة S قد تسبب ارتباكا مع المياه الضحلة النظيفة، حيث أن كلاهما سيظهران متشابهين بدرجة كبيرة. ان الكلوروفيل في الطحالب يمتص الأشعة الزرقاء بدرجة أكبر ويعكس اللون الأخضر مما يجعل المياه تظهر أكثر اخضرارا عند وجود الطحالب. أيضا فأن تضاريس المسحات المائية (النعومة و الخشونة والمواد العائمة) قد تسبب في تعقيدات أكثر عند تفسير مكونات هذه المسطحات وتفاعلها في ظاهرة الانعكاس الارتدادي.



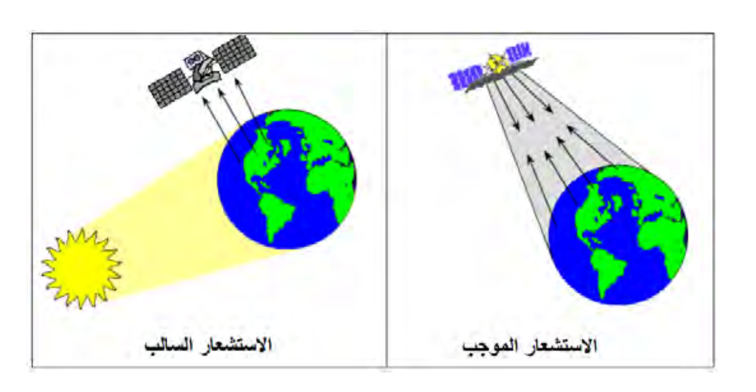
شكل (١-١٥) أمثلة لتفاعلات الانعكاس مع الأهداف

ومن هذين المثالين فيمكننا أن نلاحظ أنه و طبقا لطبيعة الهدف و لطول موجة الاشعاع المستخدم فيمكننا أن نري صور مختلفة من تفاعلات الامتصاص و النفاذ و الانعكاس. ومن ثم فأننا وبقياس الطاقة المنعكسة (أو المنبعثة) من أهداف سطح الأرض في عدة أطوال موجات فنستطيع بناء أو تكوين قاعدة للتفاعل الطيفي spectral response لكل هدف. فإذا قارننا هذا التفاعل الطيفي لعدة أهداف أرضية فيمكننا أن نفرق بينهم بصورة أفضل من التفرقة بينهم في طول موجة واحد فقط. فعلي سبيل المثال فأن المياه و النباتات قد يعكسان الأشعة بصورة متشابهه في الضوء المرئي، لكنهما منفصلان تماما و مختلفان عند التعامل مع الاشعة تحت الحمراء. فبمعرفة في أي جزء من نطاق الضوء الكهرومغناطيسي يجب أن نبحث فيمكنا الوصول الي تفسير و تحليل أفضل و أدق للإشعاع وكيفية تفاعله مع الأهداف الأرضية.

١-٦ الاستشعار الموجب و السالب:

تمثل الشمس مصدرا هاما من مصادر الطاقة أو الاضاءة المستخدمة في الاستشعار عن بعد، فطاقة الشمس اما أن تنعكس عند سقوطها علي سطح الأرض كما في حالة أشعة الضوء المرئي أو أن يتم امتصاصها ثم انبعاثها مرة أخري كما في حالة الاشعة تحت الحمراء الحرارية. ومن ثم فأن أجهزة الاستشعار عن بعد التي تقيس الطاقة الطبيعية المتاحة - مثل طاقة الشمس - يطلق عليه اسم مستشعرات سالبة أو سلبية passive sensors. أي أن هذه المستشعرات السالبة تقيس الطاقة فقط عندما يكون هذا المصدر الطبيعي متاحا، وبالنسبة للطاقة المنعكسة فأن هذا يحدث فقط في النهار فلا توجد طاقة منعكسة في الليل. أما الطاقة المنبعثة فمن الممكن قياسها و تحسسها نهارا أو ليلا طالما كانت كميتها كافية بحيث تسمح بالتحسس.

علي الجانب الاخر فأن أجهزة الاستشعار أو المستشعرات الموجبة أو الايجابية active sensors تستخدم طاقتها الخاصة للإضاءة أو التحسس، فهي تبث الاشعاع الموجهه الي الأهداف الأرضية ثم تستقبله و تسجله بعد انعكاسه. ومن مميزات المستشعرات الموجبة أنها تعمل في أي وقت من اليوم أو فصول السنة، كما أنها تستخدم لفحص أطوال موجات لا يمكن توافرها في طاقة الشمس الطبيعية، مثل الموجات القصيرة أو المايكروويف. لكن هذه المستشعرات الموجبة تتطلب توليد كمية كبيرة من الطاقة تكفي لإضاءة الأهداف، ومن أمثلتها مستشعرات الليزر و مستشعرات الرادار المعروفة باسم Synthetic Aperture Radar (SAR).



شكل (١-١٦) الاستشعار الموجب و السالب

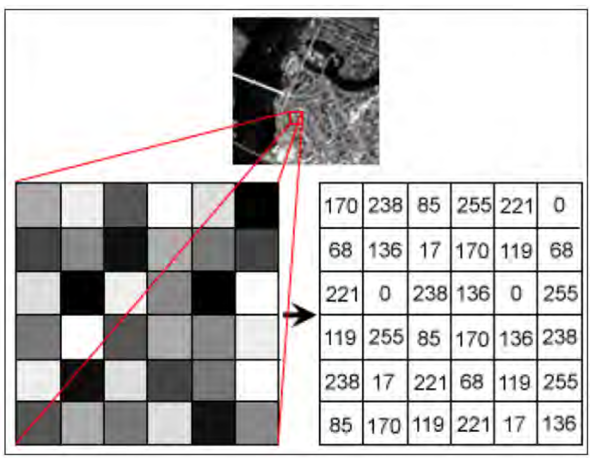
١-٧ خصائص المرئيات:

قبل المضي قدما في تفاصيل الاستشعار عن بعد علينا أن نتعرض سريعا لبعض المبادئ و المصطلحات الفنية المتعلقة بمرئيات images الاستشعار عن بعد.

ان الطاقة الكهرومغناطيسية يمكن بيانها أو تحسسها سواء فوتوغرافيا photographically او الكترونيا electronically. تستخدم عملية التصوير الفوتوغرافي التفاعلات الكيمائية علي سطح الفيلم الحساس لبيان و تسجيل تغيرات الطاقة. ومن المهم أن نفرق بين مصطلحي الصور photographs و المرئيات images في الاستشعار عن بعد. فالمرئية تعبر عن التمثيل الصوري pictorial representation بغض النظر عن طول الموجة أو الجهاز المستخدم في بيان و تسجيل الطاقة الكهرومغناطيسية. أما الصورة فتعود الي نوع محدد من المرئيات وهي التي تم فيها استخدام الأفلام لبيان و تسجيل الطاقة. وعادة فأن الصور يتم تسجيلها في نطاق أطوال الموجات من ٠.٣ الي ٠.٩ مايكرومتر، أي نطاق الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء. ومن هنا فيمكننا القول ان كل الصور هي مرئيات بينما ليست كل المرئيات صورا. وبالتالي فأن المصطلح الأوسع انتشارا هو المرئية طالما أننا لا نتحدث خصيصا عن صور تم تسجيلها فوتوغرافيا.

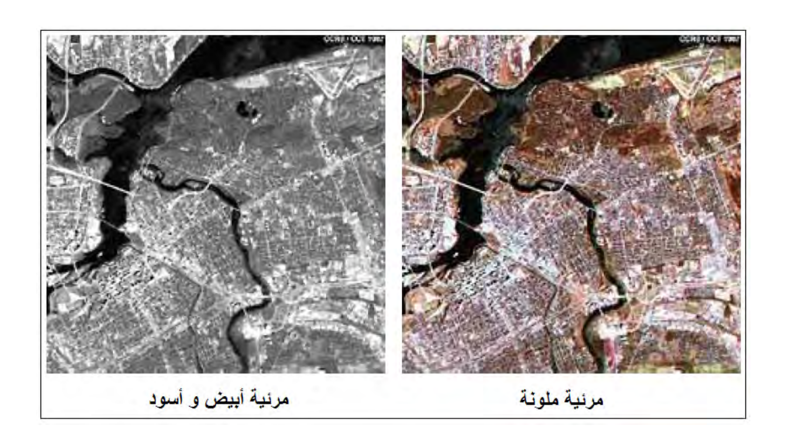
يمكن للصورة أن يتم تمثيلها و عرضها بصورة رقمية digital format من خلال تقسيم الصورة الي اقسام صغيرة متساوية المساحة و الشكل وهي ما يطلق عليها اسم الخلايا او البكسل pixels. وهذه الخلايا تمثل درجة اللمعان brightness لكل مساحة بواسطة قيمة رقمية digital number (الشكل التالي). أي أننا قد حولنا الصورة الفوتوغرافية الأصلية الي مرئية رقمية، وهو

ما يحدث عندما نقوم بعملية المسح الضوئي scanning للصورة. أما المستشعرات التي تتحسس و تسجل الطاقة بصورة الكترونية فأنها تتبع نفس المنهج من خلال تسجيل الطاقة في مصفوفة رقمية من البداية.



شكل (١-١٧) تحويل الصورة الفوتوغرافية الي نسخة رقمية

يتم تجميع و تسجيل الطاقة في جزء صغير أو ضيق من مجال الاشعة الكهرومغناطيسية فيما يسمي القناة channel أو النطاق band. ويمكن تجميع و عرض معلومات عدة قنوات أو عدة نطاقات باستخدام الألوان الاساسية الثلاثة (الأزرق و الأخضر و الأحمر) حيث يتم تمثيل معلومات كل نطاق أو كل قناة كواحد من هذه الألوان، وطبقا لدرجة اللمعان النسبي (أي القيمة الرقمية) لكل خلية أو بكسب في كل قناة فأن الألوان الثلاثة سيتم دمجهم بصور مختلفة لتمثيل الألوان المختلفة. وعندما نستخدم هذه الطريقة لعرض معلومات قناة واحدة أو نطاق من أطوال الموجات فأننا نقوم بعرض محتويات هذه القناة من خلال الألوان الرئيسية الثلاثة. وبسبب أن درجة اللمعان في كل خلية تكون متساوية للألوان الثلاثة فأنها تتجمع في مرئية أبيض و أسود black and white image. أما عندما يتم عرض أكثر من قناة أو نطاق و لكلا منهم لون أساسي مختلف فأن درجة اللمعان ستختلف من قناة الي أخري في طريقة دمج الألوان ومن ثم فأنهم سينتجون مرئية ملونة color image.



شكل (١-١٨) المرئيات الملونة و غير الملونة

١-٨ أسئلة و أجوبة لموضوعات هذا الفصل:

س.١: بفرض أن سرعة الضوء تساوي ٣ × ١٠ ^٨ متر/ث، وكان تردد موجة كهرومغناطيسية يبلغ ٥٠٠،٠٠٠ جيجا هرتز (الجيجا هرتز = ١٠ ^٩ متر/ث) فأحسب طول موجة هذا الاشعاع بوحدات المايكرو متر؟

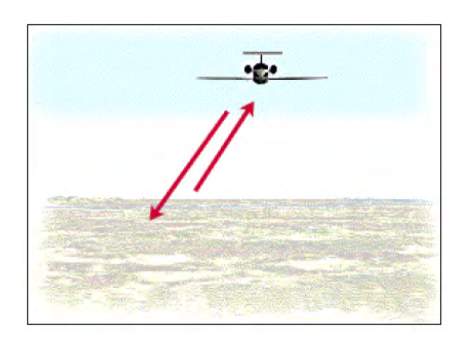
س.٢: يتكون جزء الأشعة تحت الحمراء من الطاقة الكهرومغناطيسية من قسمين: أشعة انعكاسية و أشعة انبعاثية. هل يمكننا أخذ صور في هذين النطاقين؟

س.٣: تتجنب معظم نظم الاستشعار عن بعد تحسس و تسجيل أطوال الموجات في النطاق فوق البنفسجي و النطاق الأزرق من الضوء الكهرومغناطيسي. أشرح لماذا؟

س.٤: ما هي أفضل الظروف المناخية المناسبة للاستشعار عن بعد في نطاق الضوء المرئي؟

س.٥: في ليلة واضحة أو صافية وعندما يكون القمر منتصفا يمكن جوانب و ربما بعض تفاصيل الجانب المظلم من القمر. من أين يأتي هذا الضوء الذي ينير الجانب الخلفي من القمر؟

س.٦: هل يوجد مرادف أو مكافئ سلبي passive equivalent لمستشعرات الرادار؟



س.٧: اذا أردنا التفرقة بين الاشجار الموسمية و الاشجار الصنوبرية في احدي الغابات في فصل الصيف باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد، فما هو أفضل سبيل لأداء هذه المهمة؟ أستعن بمنحني الانعكاس في الشكل التالي لهذين النوعين من الاشجار.

س.٨: ما هي مميزات اظهار أطوال موجات مختلفة أو قنوات مختلفة في تكوين أو دمج مرئيات ملونة بالمقارنة بفحص كل مرئية علي حدي؟

<u>ج.١:</u> من المعادلة (١) :

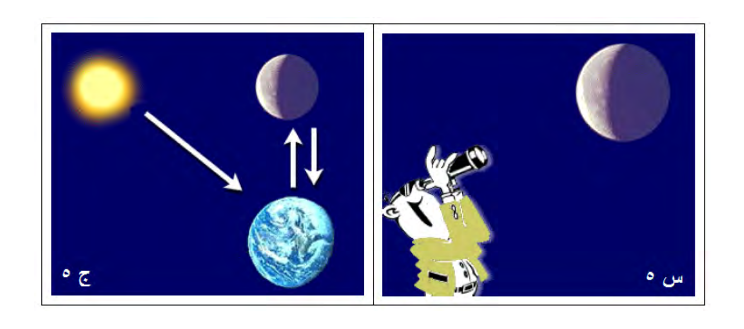
$c = \lambda v$
$3 \times 10^{8} = \lambda (500,000 \times 10^{9})$
$3 \times 10^{8} = \lambda (5 \times 10^{14})$
$\lambda = 3 \times 10^{8} / (5 \times 10^{14}) = 6 \times 10^{-7} m = 0.6 \mu m$

<u>ج.٢:</u> نعم و لا ! توجد أفلام فوتوغرافية سواء أبيض و أسود أو ملونة تكون حساسة للأشعة تحت الحمراء الانعكاسية reflective infrared وهي مستخدمة في العديد من التطبيقات العلمية و الفنية أيضا. لكن لا توجد أفلام تستطيع تسجيل الاشعة تحت الحمراء الانبعاثية (الحرارية)، فهي في حالة وجودها فأنها تتطلب تبريد دائم مما يجعلها غير عملية بطبيعة الحال. لكن توجد عدة أجهزة الكترونية تستطيع تحسس و تسجيل مرئيات الاشعة تحت الحمراء الحرارية.

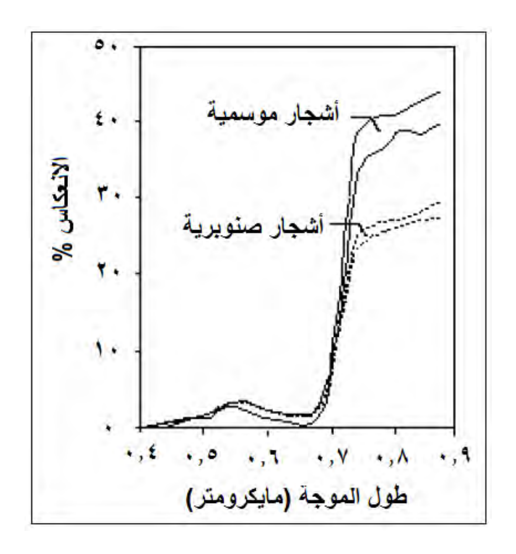
<u>ج.٣:</u> يكون تحسس و تسجيل أطوال الموجات فوق البنفسجية و الزرقاء صعب بسبب تشتتها و امتصاصها في طبقات الغلاف الجوي. فغاز الأوزون في الطبقات العليا للغلاف الجوي يمتص كثيرا من الأشعة فوق البنفسجية ذات طول الموجة الأقل من ٠.٢٥ مايكرومتر تقريبا، كما يؤثر تشتت Rayleigh علي أطوال الموجات القصيرة بدرجة أكبر من تأثيره علي أطوال الموجات الكبيرة مما يتسبب في كون بقية الأشعة فوق البنفسجية والموجات القصيرة الطول من الضوء المرئي (اللون الأزرق) ستتناثر و تتشتت بدرجة أكبر كثيرا من بقية أنواع الأشعة. وبالتالي فأن ما يتبقى من هذه الأشعة لا يستطيع الوصول و التفاعل مع أهداف سطح الأرض. وفي الحقيقة فأن الضوء الأزرق يتشتت ٤ مرات أكثر من اللون الأحمر، بينما يبلغ تشتت الاشعة فوق البنفسجية ١٦ مرة أكثر من اللون الأحمر.

<u>ج.٤:</u> أفضل الأوقات يكون ظهرا في يوم مشمس جاف خالي من السحب و الغيوم و لا يوجد تلوث. ففي وقت الظهر تكون الشمس رأسيا أعلي الهدف مما يجعل المسافة التي تقطعها أشعتها أقل ما يمكن وبالتالي فيكون تأثير التشتت يكون أقل ما يمكن. أما عدم وجود السحب و الغيوم فسيضمن وجود اضاءة منتظمة التوزيع ولن تظهر الظلال الناشئة عن السحب. أما الجفاف و عدم وجود التلوث فستسبب في تقليل التشتت و الامتصاص الناتج عن وجود قطرات المياه و الجزئيات الأخرى في طبقات الغلاف الجوي.

<u>ج.٥:</u> ينعكس ضوء الشمس الساقط علي سطح الأرض فيرتد الي الجزء المظلم (الخلفي) من القمر.



ج.٦: نعم، فعلي سبيل المثال فأن جهاز راديومتر المايكروويف microwave radiometer لا يحمل مصدر للإضاءة، لكنه يعتمد علي تحسس طاقة المايكروويف الطبيعية المنبعثة. ويمكن استخدام هذا الجهاز في تحديد و قياس بقع الزيت المتسرب في البحار علي سبيل المثال.



ج.٧: حيث أن كلا النوعين سيظهران بنفس الدرجة تقريبا من اللون الأخضر لأعيننا المجردة فأن المرئيات (أو الصور) باستخدام الضوء المرئي لن تكون مفيدة. وبالنظر لمنحني الانعكاس نجد أن التفرقة بين كلا النوعين في نطاق الضوء المرئي ستكون صعبة. لكن في جزء الاشعة تحت الحمراء القريبة فكلاهما مختلفين في نسبة الانعكاس. ومن ثم فأن استخدام الأفلام الأبيض و أسود الحساسة للأشعة تحت الحمراء في عملية الاستشعار عن بعد (الحساسة لطول الموجة حول ٠.٨ مايكرومتر) سيكون مناسبا للغرض المطلوب.

ج.٨: عند دمج عدة قنوات من مرئية تمثل أطوال موجات متعددة فيمكننا تحديد أو تعيين مركبات من الانعكاس بين القنوات المختلفة وهو الذي سيشير أو يظهر الأهداف التي لا يمكن رؤيتها بالطرق الأخرى اذا قمنا بفحص قناة واحدة في وقت محدد. فهذه التركيبات ستظهر (أو تدل علي) نفسها كتغيرات دقيقة في اللون وليس مجرد تغيرات في درجة اللون الرمادي في حالة فحص مرئية واحدة تلو الأخرى

الفصل الثاني

الأقمار الصناعية و المستشعرات

٢-١ الاستشعار من على الأرض و من الجو و من الفضاء

في الفصل الأول تعلمنا بعض المفاهيم الأساسية لعملية الاستشعار عن بعد وشرحنا بقليل من التفصيل المكونات الثلاثة الأولي لهذه العملية وهي مصدر الطاقة والتفاعل مع الغلاف الجوي و التفاعل مع الأهداف الأرضية. وعندما تعرضنا للاستشعار عن بعد الموجب و السالب فقد بدأنا ندخل في شرح المكون الرابع ألا وهو تسجيل الطاقة من خلال المستشعرات sensors. وفي الفصل الحالي سنتوسع في شرح هذا الجزء.

لكي يمكن للمستشعر أن يجمع و يسجل الطاقة المنعكسة أو المنبعثة من الهدف أو السطح المطلوب فيجب أن يكون موضوعا في منصة platform لا تلامس هذا الهدف أو هذا السطح. وتتعدد المنصات المستخدمة في الاستشعار عن بعد بحيث يمكن أن تكون موضوعة علي الأرض أو في الجو أي داخل الغلاف الجوي (طائرة أو بالون) أو في الفضاء أي خارج الغلاف الجوي (قمر صناعي أو مكوك الفضاء).

تستخدم المستشعرات الأرضية ground-based sensors في تسجيل معلومات تفصيلية عن السطح بالمقارنة بالمستشعرات الجوية أو الفضائية. وفي بعض الأحيان فأن هذا يستخدم بغرض التعرف التفصيلي علي خصائص الأهداف التي تم تحسسها بمستشعرات أخري حتى نستطيع أن نفهم و نحلل جيدا معلومات المرئيات.



شكل (٢-١) المستشعرات الأرضية

أما المستشعرات الجوية فغالبا ما تكون موضوعة في طائرات ذات أجنحة متزنة stable-wing aircraft مع أن طائرات الهليكوبتر تستخدم أحيانا. ويتم استخدام الطائرات في تجميع و تسجيل معلومات تفصيلية



شكل (٢-٢) المستشعرات الجوية

عادة فأن الاستشعار عن بعد من الفضاء يتم باستخدام المستشعرات في الأقمار الصناعية satellites وأيضا في مكوك الفضاء space shuttle. وتتعدد أنواع الأقمار الصناعية بصفة عامة لتشمل/ أقمار الملاحة، أقمار الاتصالات، أقمار دراسة الأرض وهي المجموعة التي تشمل أقمار الاستشعار عن بعد. وبسبب مدارها حول الأرض فأن الاقمار الصناعية تتيح لنا تغطية متكررة للأرض وبصورة مستمرة.

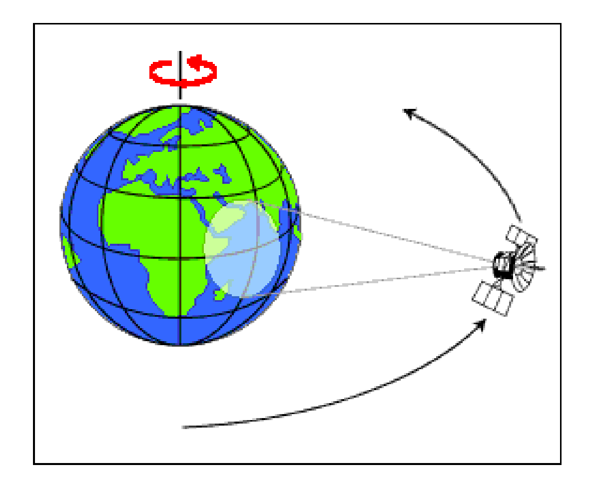




شكل (٢-٣) المستشعرات الفضائية

٢-٢ خصائص الأقمار الصناعية

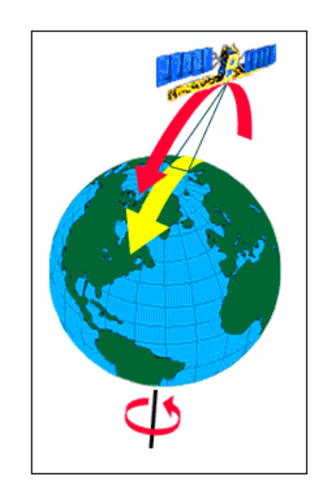
لكل قمر صناعي مدار orbit يناسب الهدف من المستشعر الذي يحمله القمر الصناعي، وتختلف المدارات طبقا للارتفاع altitude (ارتفاع المدار عن سطح الارض) والتوجيه orientation و الدوران rotation بالنسبة للأرض. فالأقمار الصناعية الموضوعة علي ارتفاعات عالية جدا بحيث انها تري نفس المنطقة من الارض في كل الاوقات يكون لها ما يسمي بالمدارات الثابتة مع الارض geostationary orbits. وهذه الاقمار الثابتة مع الارض تكون علي ارتفاعات تقريبا ٣٦٠٠٠ كيلومتر و تدور بنفس سرعة الارض بحيث انها تكون كما لو كانت "ثابتة" بالنسبة لسطح الارض. ومن ثم فان هذه المدارات تسمح للأقمار الصناعية بتجميع معلومات مستمرة عن منطقة محددة من الارض، وتعد اقمار الاتصالات و اقمار المناخ من نوعية الاقمار الصناعية التي لها مدارات ثابتة.



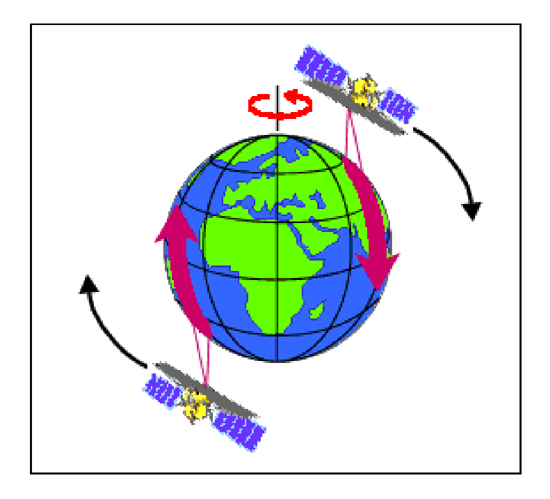
شكل (٢-٤) المدارات الثابتة للأقمار الصناعية

توجد عدة منصات للاستشعار عن بعد مصممة لتدور في مدار (غالبا من الشمال الي الجنوب) بحيث أنها ومع دوران الأرض تتيح تغطية معظم سطح الأرض في فترة زمنية معينة. وهذه المدارات تسمي بالمدارات شبه القطبية near-polar orbits، وجاء هذا المصطلح بسبب ان المدار يميل علي الخط الواصل بين القطبين الشمالي و الجنوبي للأرض. كما ان كثير من هذه المدارات تكون ايضا متزامنة مع الشمس sun-synchronous بحيث انها تغطي كل منطقة من العالم في وقت محلي ثابت constant local time وهو ما يطلق عليه اسم الوقت الشمسي المحلي. ففي اي دائرة عرض latitude فان موقع الشمس في السماء عندما يمر القمر الصناعي فوقه سيكون واحدا في نفس الفصل المناخي. وهذا يضمن ظروف اضاءة متناسقة عند الحصول علي المرئيات في فصل مناخي محدد علي سنوات متتالية. وهذا الأمر هام جدا لمتابعة التغيرات change detection بين مرئيات متعاقبة زمنيا وأيضا لدمج (عمل موزايك) لعدة مرئيات معا حيث أنهم في هذه الحالة لن يحتاجوا لتصحيح ظروف اضاءة مختلفة.

ان معظم الاقمار الصناعية للاستشعار عن بعد اليوم تكون من ذات المدارات شبه القطبية، اي ان القمر يسير باتجاه القطب الشمالي في احد اوجه الارض ثم يسير باتجاه القطب الجنوبي في النصف الثاني من مداره، وهذا ما يسمي بالمسار الصاعد ascending pass و المسار الهابط descending pass. فإذا كان المدار متزامن مع الشمس ايضا فعادة ما يكون المسار الصاعد في الجانب ذو الظل من الارض بينما يكون المسار الهابط في الجانب المضاء (المواجه للشمس) من الارض. ومن ثم فان المستشعرات التي تقوم بتحسس و تسجيل الطاقة الشمسية الانعكاسية فستسجل الطاقة في المسار الهابط فقط. اما المستشعرات الموجبة التي لها مصدر اضاءة خاص بها او المستشعرات السالبة التي تسجل الاشعاع المنبعث (الحراري) فيمكنها ايضا التحسس في المسار الصاعد.

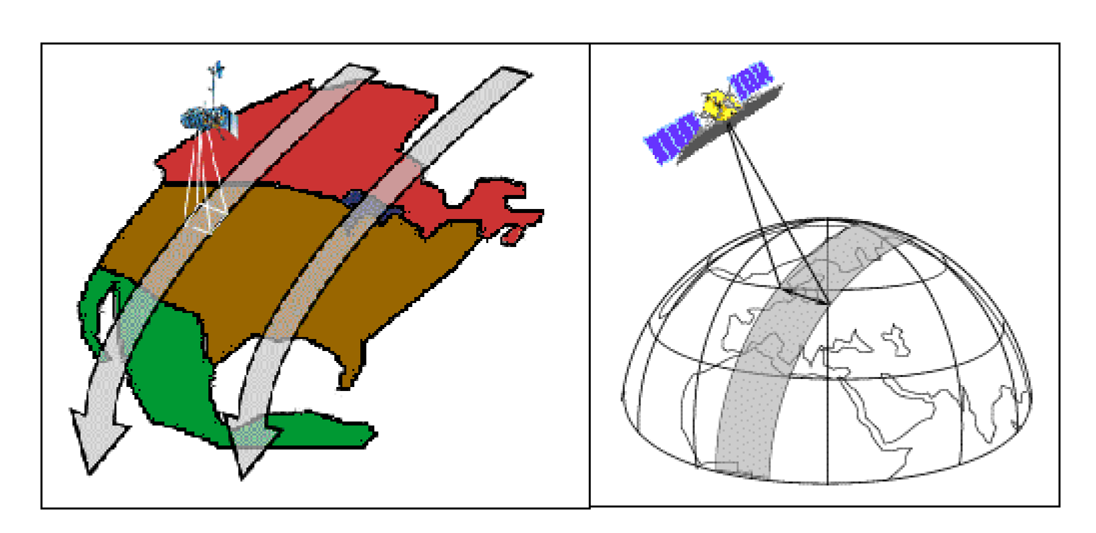


شكل (٢-٥) المدارات شبه القطبية للأقمار الصناعية



شكل (٢-٦) المسار الصاعد و المسار الهابط للأقمار الصناعية

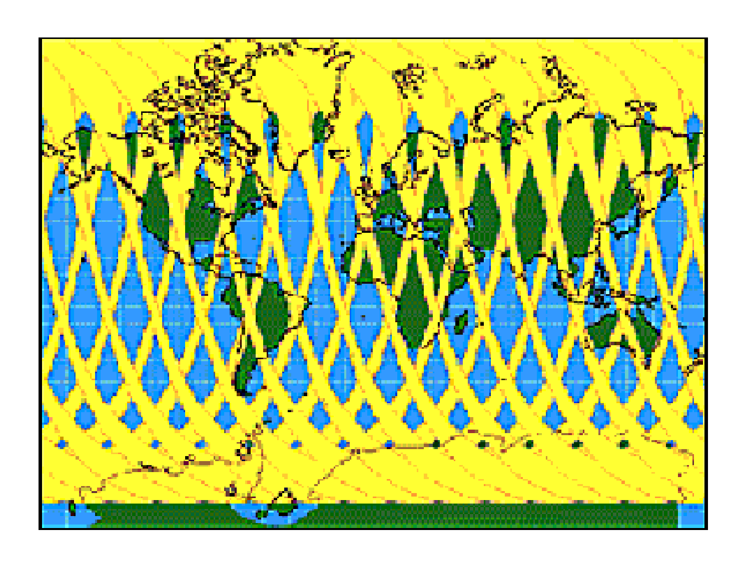
كلما يدور القمر الصناعي حول الأرض فأن المستشعر "يري" جزءا من سطح الأرض، وهذه المنطقة هي ما يطلق عليه اسم "صف التحسس swath". وتختلف صفوف التحسس التي يمكن استشعارها من مستشعر الي اخر بحيث يتراوح عرضها ما بين عشرات و مئات من الكيلومترات. وبالطبع فأن حركة دوران الأرض حول نفسها (من الغرب الي الشرق) فأن صف التحسس سيتحرك ناحية الغرب، مما يجعل القمر الصناعي يمر فوق صف تحسس اخر عند تتابع المسارات. ومن ثم فأن مدار القمر الصناعي و حركة الأرض معا يتيحان التغطية الكاملة لتحسس و استشعار لسطح الأرض من بعد.



شكل (٢-٧) صفوف تحسس الأقمار الصناعية

تكتمل دورة كاملة من المدارات orbital cycle عندما يعود القمر الصناعي للمرور مرة ثانية فوق نفس النقطة علي سطح الأرض (تسمي نقطة النذير nadir point). وتختلف الفترة الزمنية

لدورة المدارات من قمر صناعي الي اخر، ويطلق علي هذه الدورة اسم "فترة اعادة الزيارة revisit period". أما في حالة استخدام مستشعرات متحركة steerable sensors فأن المستشعر يستطيع رؤية بقعة أرضية خارج نقطة النذير off-nadir قبل و بعد مسارات المدار، مما يجعل فترة اعادة الزيارة أقل زمنيا من زمن دورة المدارات. وتعد فترة اعادة الزيارة هامة للغاية في عديد من تطبيقات الاستشعار عن بعد خاصة عند الحاجة لمرئيات متتالية، ومنها علي سبيل المثال مراقبة انتشار تسرب بقعة من الزيت أو مراقبة اثار الفيضانات. وفي حالة المدارات شبه القطبية near-polar orbits فأن المناطق مرتفعة دوائر العرض high latitude سيتم تحسسها بتكرار أكبر من المناطق الاستوائية نتيجة التداخل بين المسارات المتجاورة للقمر الصناعي حيث أن المسارات يتكون متقاربة عند القطبين.



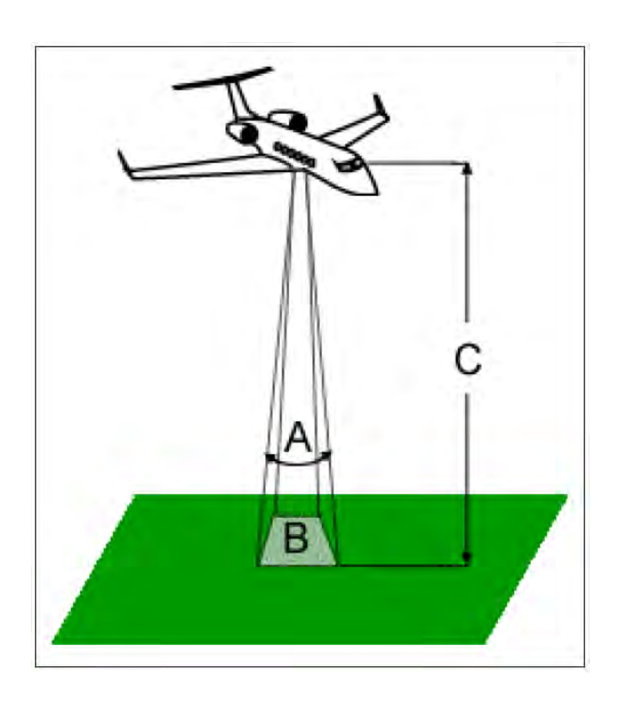
شكل (٢-٨) دورة مدارات الأقمار الصناعية

<u>٢-٣ درجة الوضوح المكانية و حجم الخلية والمقياس</u>

لعدة أجهزة من أجهزة الاستشعار عن بعد فأن المسافة بين الهدف و منصة الاستشعار تلعب دورا بالغ الأهمية في تحديد تفاصيل المعلومات التي تظهر المنطقة التي يتم تحسسها. ان المستشعرات الموجودة في المنصة تكون بعيدة جدا عن الهدف أي أنها تستشعر منطقة كبيرة ولا تستطيع اظهار التفاصيل كاملة. ويمكنك المقارنة ما بين ما يراه رائد الفضاء من داخل مكوك الفضاء و ما تراه أنت من داخل الطائرة، فرائد الفضاء يمكنه رؤية دولة بأكملها في منظر واحد لكنه لا يمكنه التمييز بين المباني المختلفة، بينما من بداخل الطائرة عند الطيران فوق مدينة يمكنه تمييز المباني والسيارات بوضوح لكن لا يمكنه رؤية منطقة كبيرة مثل رائد الفضاء . وهذا الفرق موجود أيضا ما بين الصور الجوية و مرئيات الأقمار الصناعية.

تعتمد تفاصيل المرئية علي درجة الوضوح المكانية spatial resolution لجهاز الاستشعار والتي تعرف بأنها مساحة أو حجم size أصغر ظاهرة يمكن تحسسها smallest possible feature can be detected. وتعتمد درجة الوضوح المكانية للمستشعرات اللايجابية علي ما يعرف باسم مجال الرؤية اللحظية Instantaneous Field of View (أو اختصارا IFOW)،

وهو مخروط الرؤية للمستشعر A ويحدد المنطقة الأرضية التي يمكن رؤيتها من ارتفاع محدد في لحظة زمنية محددة B. ويتم حساب مساحة المنطقة المرئية بضرب IFOW في ارتفاع المستشعر من سطح الأرض C، وهذه المنطقة علي الأرض تسمي خلية الوضوح resolution cell أي أقصي درجة وضوح مكاني للمستشعر. ومن ثم فأنه حتى يمكن استشعار هدف محدد فأن مساحته أو حجمه size يجب أن تساوي أو أن تكون أكبر من خلية الوضوح. أي أنه في حالة أن مساحة الهدف أقل من مساحة خلية الوضوح فلن يمكن تحسسه او استشعاره.



شكل (٢-٩) درجة الوضوح المكانية

كما سبق الاشارة في الفصل الأول فأن مرئيات الاستشعار عن بعد تتكون من مصفوفة من العناصر أو الخلايا (بكسل) pixels، وهي أصغر وحدة علي المرئية. وعادة تكون الخلايا مربعة وتمثل مساحة محددة من المرئية. ومن المهم التفرقة بين حجم البكسل pixel size و درجة الوضوح المكانية spatial resolution فهما ليسا شيئا واحدا في جميع الحالات. ففي حالة أن المستشعر له درجة وضوح مكانية ٢٠ متر والمرئية من هذا المستشعر تظهر بوضوح كامل full resolution فأن كل بكسل ستمثل ٢٠×٢٠ متر علي الأرض. وفي هذه الحالة فأن حجم البكسل يساوي درجة الوضوح المكانية. لكن من الممكن أن نظهر مرئية باستخدام حجم بكسل مختلف عن درجة وضوحها المكانية، فمثلا في حالة عرض ملصقات (بوستر) لمرئيات سطح الأرض فنستخدم حجم خليه يمثل مساحة كبيرة (أكبر من درجة الوضوح المكانية الأصلية لهذه المرئية).

يقال للمرئيات التي تعتمد علي اظهار الأهداف الكبيرة فقط أن لها درجة وضوح مكانية خشنة أو قليلة coarse or low resolution، بينما في المرئيات التي لها درجة وضوح مكانية دقيقة أو عالية fine or high resolution فيمكن اظهار الأهداف الصغيرة. فأقمار الاستشعار عن بعد العسكرية علي سبيل المثال مصممة بحيث يمكنها تحسس كل ما يمكن من التفاصيل، أي أن لها درجة وضوح مكانية عالية أو دقيقة. أما الأقمار الصناعية التجارية فتوفر مرئيات لها درجة

وضوح مكانية تتراوح بين عدة أمتار الي عدة كيلومترات. وكقاعدة عامة فكلما زادت درجة الوضوح المكانية كلما قلت المساحة الأرضية التي يمكن رؤيتها.

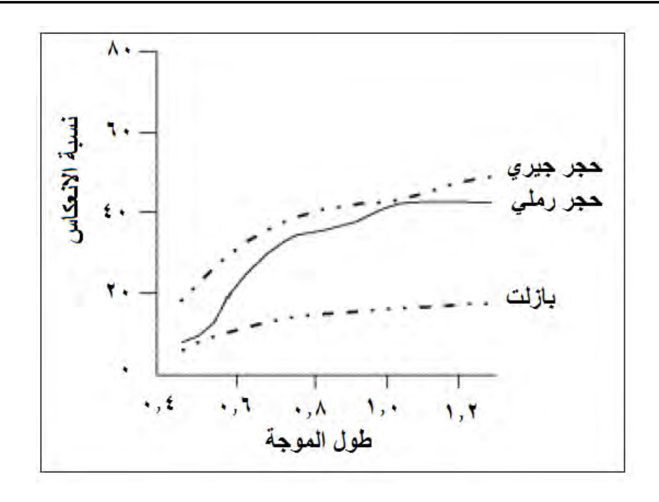


شكل (٢-١٠) اختلاف درجات الوضوح المكانية

تعرف نسبة المسافة علي المرئية أو الخريطة الي المسافة الأرضية الحقيقية المناظرة باسم مقياس الرسم scale. فإذا كان لديك خريطة لها مقياس رسم ١ : ١٠٠،٠٠٠ (مثلا) فأن الهدف الذي يبلغ طوله علي الخريطة ١ سنتيمتر سيكون طوله الحقيقي علي الأرض ١٠٠،٠٠٠ سنتيمتر (أي ١ كيلومتر). ومن ثم فأن الخرائط أو المرئيات الفضائية التي لها قيمة صغيرة من نسبة "الخريطة/الأرض" (١ / ١٠٠،٠٠٠ علي سبيل المثال) يطلق عليها اسم الخرائط أو المرئيات صغيرة المقياس small scale ، بينما تلك التي لها نسبة أكبر (مثلا ١ / ٥،٠٠٠) تسمي كبيرة المقياس large scale.

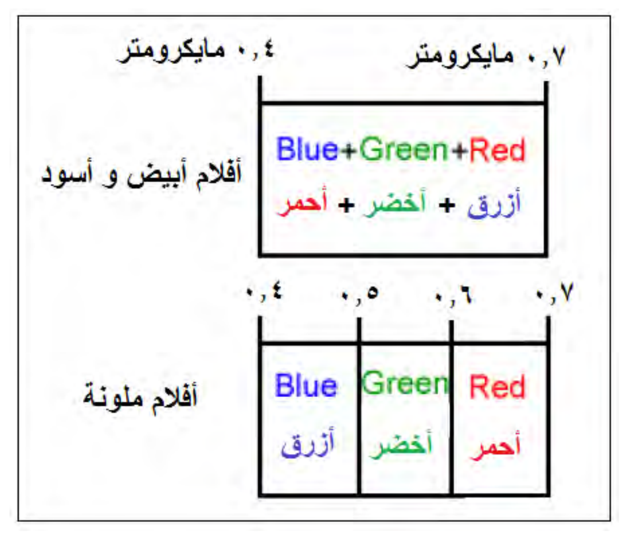
٢-٤ درجة الوضوح الطيفية

أشرنا في الفصل الأول الي أن الاستجابة الطيفية spectral response أو منحنيات الانبعاث الطيفي spectral emissivity curves تميز الانعكاس أو الانبعاث للهدف باستخدام أطوال موجات مختلفة. ويمكن تمييز الاهداف المختلفة في مرئية من خلال مقارنة استجابتها الطيفية في مجال من أطوال الموجات. فالمجموعات الكبيرة مثل المياه و النباتات يمكنها أن تنفصل في مجالات مختلفة من أطوال الموجات مثل الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء كما رأينا في الجزء ١-٥.



شكل (٢-١١) اختلاف الاستجابة الطيفية للأهداف

لكن بعض المجموعات الدقيقة أو التفصيلية مثل أنواع الصخور قد لا يمكن تمييزها بسهولة باستخدام هاتين المجموعتين أو هذين المجالين من أطوال الموجات وقد تحتاج لعمل مقارنة في مجال ضيق من مجالات الضوء الكهرومغناطيسي. ومن ثم فأننا نحتاج لمستشعر يكون له "درجة وضوح طيفية spectral resolution" عالية. فدرجة الوضوح الطيفية تعبر عن قدرة المستشعر في تحديد فترات دقيقة من أطوال الموجات، أي أنه كلما كانت درجة الوضوح الطيفية أدق كلما ضاق مجال أطوال الموجات لقناة أو نطاق محدد. فالأفلام الأبيض و الأسود تسجل أطوال الموجات الممتدة علي نطاق الضوء المرئي، أي أن درجة وضوحها الطيفية خشنة coarse فهي لا تستطيع التمييز بين أطوال الموجات المختلفة داخل هذا النطاق وتسجل فقط الانعاس في كل مجال الضوء المرئي. بينما علي الجانب الاخر فأن الافلام الملونة لها درجة وضوح طيفية عالية بحيث أنها تستطيع تحسس الطاقة المنعكسة في أطوال الموجات الزرقاء و الخضراء و الحمراء كلا علي حدي. ومن ثم فهي تستطيع تمثيل الأهداف في عدة ألوان اعتمادا علي مدي الانعكاس في كل نطاق من أطوال الموجات.



شكل (٢-١٢) درجات الوضوح الطيفية للأفلام المختلفة

ان العديد من نظم الاستشعار عن بعد تسجل الطاقة في فترات متعددة من أطوال الموجات باستخدام درجات وضوح طيفية مختلفة، وهذه النظم يطلق عليها اسم "المستشعرات متعددة الوضوح الطيفي multi-spectral sensors". أما المستشعرات المتقدمة فيطلق عليها اسم "المستشعرات عالية الوضوح الطيفي hyperspectral sensors" حيث أنها تستطيع تحسس مئات من النطاقات الطيفية الضيقة أو الدقيقة في الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء القريبة و المتوسطة. ومن ثم فأن درجة وضوحها الطيفية العالية تسهل من التمييز بين الأهداف المختلفة اعتمادا علي الاستجابة الطيفية لكل هدف في كل نطاق طيفي ضيق.

٢-٥ درجة الوضوح الراديومترية

بينما ترتيب البكسل أو الخلايا يصف تكوين المرئية ذاتها، فأن الخصائص الراديومترية هي التي تصف المعلومات الحقيقية لمحتوي المرئية الفضائية. في كل مرة يتم الحصول علي مرئية (سواء علي فيلم أو باستخدام مستشعر) فأن حساسيتها لكمية الطاقة الكهرومغناطيسية هي التي تحدد درجة الوضوح الراديومترية radiometric resolution. فالوضوح الراديودمتري لمرئية يصف قدرتها علي التمييز بين الفروقات البسيطة جدا من الطاقة، فكلما زادت درجة الوضوح الراديومترية لمستشعر كلما زادت حساسيته لاكتشاف الفروق في الطاقة المنعكسة أو المنبعثة.

يتم تسجيل بيانات الطاقة من خلال أعداد موجبة تتراوح بين الصفر الي أس محدد للعدد ٢. وهذا النطاق يقابل عدد البت bit المستخدمة في ترميز الأرقام في النظام الثنائي binary format. فكل بت تسجل الأس المرفوع له الرقم ٢ (مثلا: ١ بت = $٢^{١}$ = ٢). ويعتمد الحد الأقصى المتاح لمستويات اللمعان علي عدد البت المستخدم في تمثيل الطاقة المنعكسة. فعلي سبيل المثال فان كان مستشعر يستخدم ٨ بت في تسجيل البيانات، فهناك $٢^{٨}$ = ٢٥٦ قيمة رقمية متاحة وستتراوح ما بين الصفر و ٢٥٥. أما في حالة استخدام ٤ بت فقط فسيكون هناك $٢^{٤}$ = ١٦ قيمة رقمية متاحة فقط وستتراوح ما بين الصفر و ١٥، ومن ثم فستكون درجة الوضوح الراديومترية أقل. وعادة ما يتم تمثيل بيانات المرئية باستخدام نطاق من درجات اللون الرمادي grey tones ، حيث يكون اللون الأسود ممثلا بالرقم صفر واللون الأبيض ممثلا بالرقم الأقصى المتاح (مثل رقم ٢٥٥ في البيانات ذات الثمانية بت). وبمقارنة مرئية بدرجة وضوح راديومترية ٢-بت بمرئية أخري لها درجة وضوح راديومترية ٨-بت فيمكننا رؤية أن هناك فروق كبيرة في مستوي التفاصيل في كلا منهما.



شكل (٢-١٣) الاختلاف في درجات الوضوح الراديومترية

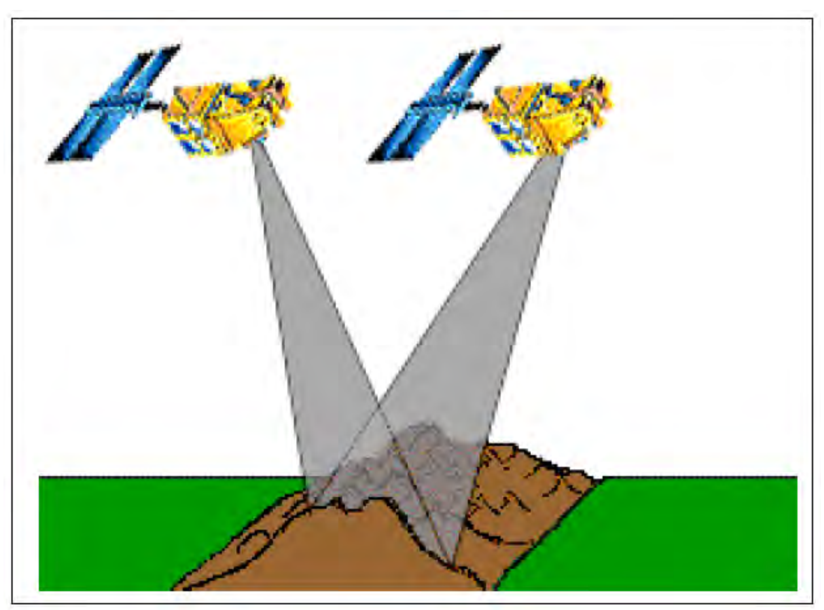
٢-٦ درجة الوضوح المؤقتة/الزمنية

بالإضافة لدرجة الوضوح المكانية و درجة الوضوح الراديومترية فأن درجة الوضوح المؤقتة أو الزمنية temporal resolution تعد مهمة في الاستشعار عن بعد. وقد سبق أن تعرضنا لهذا المفهوم في الجزء ٢-٢ عندما تحدثنا عن فترة اعادة الزيارة revisit period والتي عادة ما تكون عدة أيام بالنسبة للأقمار الصناعية. ومن ثم فأن القيمة المطلقة لدرجة الوضوح المؤقتة أو الزمنية لنظام استشعار عن بعد لكي يقوم بتحسس نفس البقعة الأرضية مرة أخري هي هذه الفترة. لكن وبسبب التداخل overlap بين صفوف التحسس swaths للمدارات المتعاقبة كلما زادت دوائر العرض فأن هناك مناطق من الأرض سيتم تحسسها بتردد أكبر. أيضا فأن بعض أنواع الاقمار الصناعية لديها القدرة علي توجيه مستشعراتها لتحسس نفس البقعة الأرضية في مدارات مختلفة بفترات تتراوح ما بين يوم الي خمسة أيام. ومن ثم فأن درجة الوضوح الزمنية الحقيقية لمستشعر تعتمد علي عدة عوامل ومنها قردة القمر الصناعي و المستشعر ذاته وأيضا تداخل صفوف التحسس و دائرة العرض.

ان القدرة علي تجميع مرئيات لنفس المنطقة من سطح الأرض في فترات زمنية متعددة تعد من أهم عناصر تطبيق معلومات الاستشعار عن بعد. فالخصائص المكانية للأهداف قد تتغير مع مرور الوقت، وهذا ما يمكن اكتشافه من خلال تجميع و مقارنة المرئيات متعددة الوضوح الزمني multi-temporal images. فعلي سبيل المثال فأنه وفي خلال موسم النمو فأن النباتات المختلفة تكون في حالة تغير مستمر ومن ثم فأن قدرتنا علي متابعة هذا التغير تعتمد علي " متي وبأي تردد when and how frequently " يمكننا الحصول علي المرئيات. وباستخدام التحسس في فترات زمنية مختلفة وبصفة دورية فيمكننا متابعة التغيرات التي تحدث علي سطح الأرض سواء

كانت تغيرات طبيعية (مثل التغير في الغطاء النباتي أو الفيضان) أو تغيرات بشرية (مثل النمو العمراني و التصحر). فعامل الزمن في الاستشعار عن بعد يكون هاما عندما:

- السحب المستمرة تعطي مجال رؤية محدود لسطح الارض.
- الحاجة لمتابعة الظواهر السريعة (مثل الفيضان و تسرب الزيت ... الخ)
- الحاجة للمتبعة المستمرة (مثل معدلات انتشار مرض نباتي معين من سنة لآخري)
- خصائص التغير لبعض الأهداف علي مدار الزمن قد تستخدم لتمييزها عن الأهداف المماثلة.



شكل (٢-١٤) درجة الوضوح المؤقتة أو الزمنية

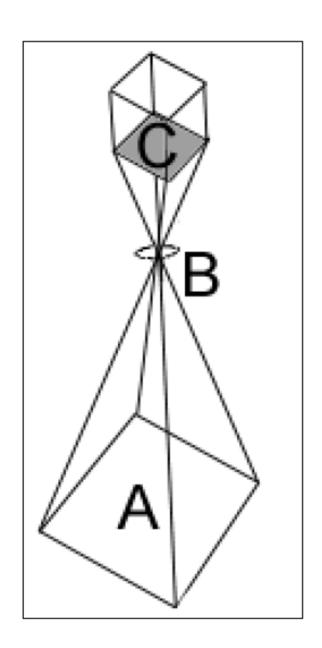
يقدم الجدول التالي بعض خصائص عدة اقمار صناعية للاستشعار عن بعد:

أمثلة لبعض خصائص عدة اقمار صناعية للاستشعار عن بعد

القمر	الاطلاق	الوضوح المكاني (م)		عدد النطاقات	طول البكسل (كم)	ارتفاع القمر (كم)	اعادة الزيارة (يوم)
		بانكروماتية	متعدد الاطياف				
WorldView-3	٢٠١٤	٠.٣١	١.٢٤	٢٩	١٣.١	٦١٧	١
GeoEye-1	٢٠٠٨	٠.٤١	١.٦٥	٤	١٥.٢	٧٧٠	٨.٣
WorldView-2	٢٠٠٩	٠.٤٦	١.٨٤	١٣	١٧.٦	٧٧٠	١.١
Pleiades-1B	٢٠١٢	٠.٥	٢.٠	٥	٢٠	٦٩٤	١
QuickBird	٢٠٠١	٠.٦٥	٢.٦	٥	١٦.٨	٤٥٠	٣.٥
IKONOS	١٩٩٩	٠.٨٢	٣.٢	٥	١١.٣	٦٨١	٣
EgyptSat-2	٢٠١٤	١.٠	٤.٠	٤	٤٦.٦	٧٢٠	
SkySat-2	٢٠١٤	١.١	٢.٠	٥	٨	٤٥٠	١
SPOT-7	٢٠١٤	١.٥	٦.٠	٥	٦٠	٦٩٤	١
SPOT-6	٢٠١٢	١.٥	٦.٠	٥	٦٠	٦٩٤	١
RapidEye	٢٠٠٨	٥.٠	١٠.٠	٥	٧٧	٦٣٠	٥.٥
ASTER	١٩٩٩	١٥	٣٠	١٤	٦٠	٧٠٥	١٦
LandSat-8	٢٠١٣	١٥	٣٠	١١	١٨٥	٧٠٥	١٦
LandSat-7 ETM	١٩٩٩	١٥	٣٠	٨	١٨٥	٧٠٥	١٦

٢-٧ الكاميرات و التصوير الجوي

يعد استخدام الكاميرات في التصوير الجوي أبسط و أقدم المستشعرات المستخدمة في الاستشعار عن بعد لسطح الأرض. فالكاميرات هي نظم اطارية framing systems تحصل علي صورة شبه لحظية near-instantaneous snapshot لبقعة أرضية A. أي أن الكاميرا هي مستشعر بصري سالب optical passive sensor يستخدم عدسة B (أو مجموعة من العدسات) لتكوين صورة عند C المستوي البؤري focal plane.

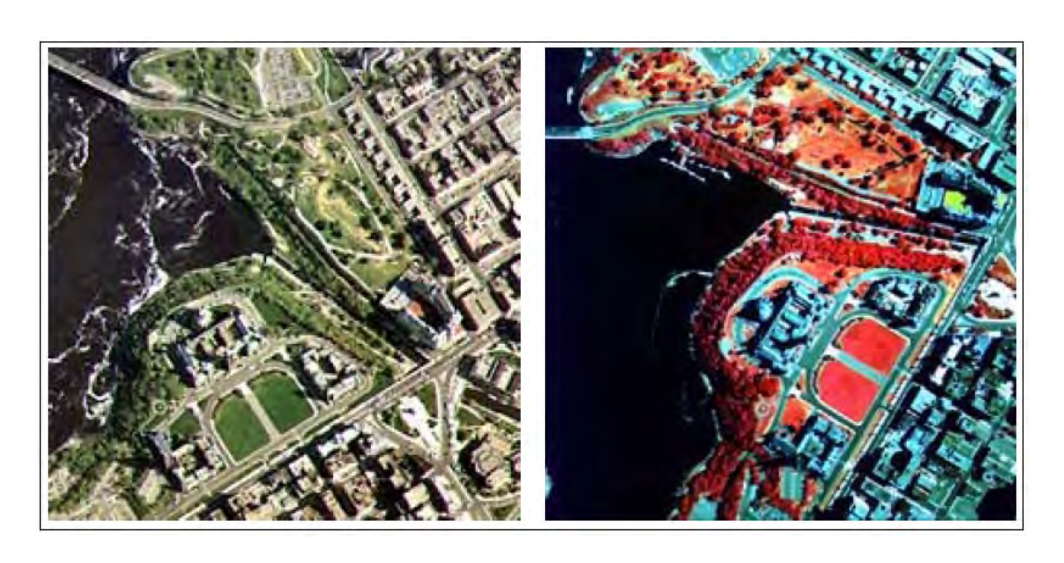


شكل (٢-١٥) مفهوم التصوير الجوي

تكون الأفلام التصويرية حساسة للضوء ما بين ٠.٣ مايكرومتر و ٠.٩ مايكرومتر في نطاق الطول الموجي المتراوح ما بين الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء القريبة. فالأفلام الأبيض و أسود - ويطلق عليها اسم الأفلام البانكروماتية panchromatic - تستشعر الأشعة فوق البنفسجية و الضوء المرئي، وتنتج الصور غير الملونة وهي الأكثر استخداما في التصوير الجوي. والصور فوق البنفسجية تستخدم نفس الأفلام البانكروماتية لكن مع وجود فلتر (أو مصفاة) لامتصاص و منع طاقة الضوء المرئي من الوصول الي الفيلم ذاته، ومن ثم فأن الاشعة فوق البنفسجية فقط هي التي يتم تسجيلها. لكن هذا النوع من الأفلام غير شائع الاستخدام حيث أن الامتصاص و التشتت في طبقات الغلاف الجوي يؤثر عليها بشدة. أما التصوير الأبيض و أسود الحساس للأشعة تحت الحمراء فيستخدم أفلاما حساسة للنطاق الكلي ما بين ٠.٣ - ٠.٩ مايكرومتر وهو مفيد جدا لاكتشاف الفروق بين النباتات المختلفة نتيجة لحساسية هذه الأفلام لنعطس الاشعة تحت الحمراء القريبة.

يشمل التصوير الملون العادي color photography والتصوير الملون الزائف false color photography (أو التصوير الملون تحت الحمراء color infrared أو اختصارا CIR) استخدام أفلام لها ثلاثة طبقات layers بحيث أن كل طبقة تكون حساسة لمجال مختلف من

الضوء. ففي التصوير الملون العادي فأن الطبقات تكون حساسة للضوء الأزرق و الأخضر و الأحمر مثل أعيننا، وبالتالي فأن هذه الصور تظهر بنفس الطريقة التي نري نحن بها المعالم الأرضية (مثلا الشجر يظهر باللون الأخضر ... الخ). أما في التصوير الملون تحت الحمراء CIR فأن الطبقات تكون حساسة للأخضر و الأحمر وللأشعة تحت الحمراء القريبة، وهي التي ستظهر بعد معالجتها بالألوان الأزرق و الأخضر و الأحمر علي الترتيب. أي أن في الصور الملونة الزائفة false color photographs فأن الأهداف التي لها انعكاس كبير للأشعة تحت الحمراء ستظهر علي الصورة حمراء، بينما الأهداف التي لها انعكاس أحمر كبير ستظهر علي الصورة خضراء، والأهداف التي لها انعكاس أخضر كبير ستظهر علي الصورة زرقاء. ومن هنا فأن هذه الصور تعطينا تمثيلا "زائفا" للأهداف مقارنة بالألوان المعتادة لنا.



شكل (٢-١٦) الصور الملونة العادية و الصور الملونة الزائفة

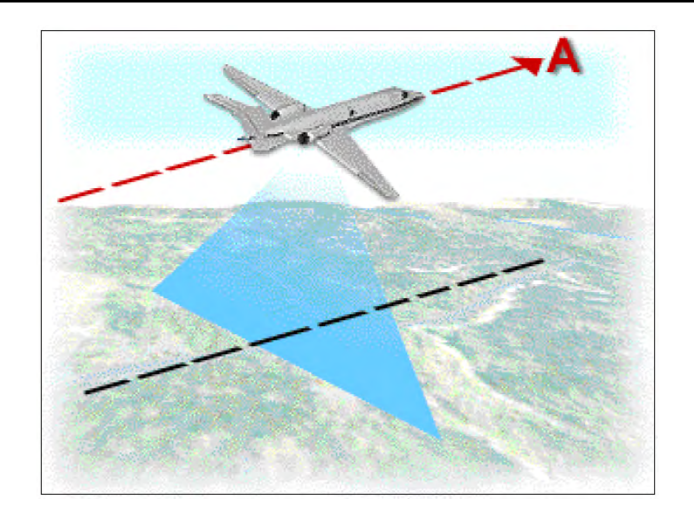
يمكن تركيب الكاميرات علي منصات عديدة منها المنصات الارضية و طائرات الهليكوبتر و الطائرات العادية و الاقمار الصناعية. وللصور الجوية الدقيقة او التفصيلية المأخوذة من الطائرات استخدامات متعددة خاصة عندما تكون التفاصيل ضرورية. ويعتمد الغطاء الارضي للصورة علي عدة عوامل تشمل البعد البؤري للعدسة و ارتفاع المنصة وخصائص و مساحة الفيلم المستخدم. يؤثر البعد البؤري focal length علي مجال الرؤية الزاوية angular field of view للعدسة (يماثل مفهوم مجال الرؤية اللحظي المشار اليه في الجزء ٢-٣) و يحدد المنطقة التي تراها الكاميرا. وعادة ما يتراوح البعد البؤري ما بين ٩٠ و ٢١٠ ملليمتر، والأكثر شيوعا هو ١٥٢ ملليمتر. وكلما زاد البعد البؤري كلما قلت مساحة المنطقة المغطاة علي الارض لكن مع مستوي عالي من التفاصيل (أي بمقياس رسم كبير). كما تعتمد المنطقة المغطاة ايضا علي ارتفاع منصة التصوير، فعلي ارتفاعات كبيرة تستطيع الكاميرا رؤية منطقة أكبر من الأرض من تلك المنطقة التي يمكن رؤيتها علي ارتفاعات أصغر، لكن مع تفاصيل أقل (أي مقياس رسم صغير). ويمكن للصور الجوية أن تمدنا بتفاصيل دقيقة حتى درجة وضوح مكانية تبلغ ٥٠ سنتيمتر. لكن درجة الوضوح المكاني الحقيقية للصور الجوية تختلف باختلاف عوامل متعددة بصورة عامة.

يتم تصنيف معظم الصور الجوية اما مائلة oblique أو رأسية vertical اعتمادا علي توجيه الكاميرا نسبة الي الأرضَ أثناء لحظة التصوير. فالصور الجوية المائلة عادة ما يتم التقاطها وتكون الكاميرا موجهه الي جانب الطائرة. وتؤخذ الصور شديدة الميل high oblique بحيث يظهر الأفق في الصورة بخلاف الصور المائلة التي لا يظهر بها الأفق. والصور المائلة مفيدة لتغطية منطقة كبيرة من سطح الأرض في صورة واحدة ولبيان تضاريس سطح الأرض. لكن هذا النوع من الصور الجوية غير مستخدم في انتاج الخرائط بسبب التشوه الكبير في مقياس رسم الصورة والذي يمنع القياسات الدقيقة للمسافات و المساحات و الارتفاعات.



شكل (٢-١٧) مثال لصورة جوية مائلة

ان الصور الجوية الرأسية المأخوذة بكاميرا أحادية العدسة هي الاكثر استخداما في التصوير الجوي لأغراض الاستشعار عن بعد وإنتاج الخرائط. وهذه الكاميرات تكون مصممة بحيث تلتقط عدد كبير من الصور المتتالية مع تقليل التشوه بقدر الامكان، وعادة ما تكون مربوطة بنظام ملاحي لتحديد المواقع للحصول علي الاحداثيات الجغرافية الدقيقة لكل صورة. وتطير الطائرة في عدد من الخطوط يسمي كلا منها "خط طيران flight line" ويتم التقاط الصور بحيث تكون الكاميرا موجهه لأسفل وذلك بتداخل يبلغ ٥٠ - ٦٠% بين كل صورتين متتاليتين. وهذا التداخل يضمن التغطية الكاملة للمنطقة، كما أنه يسهل الرؤية الاستراسكوبية (المجسمة) stereoscopic viewing. فكل صورتين متتاليتين تظهران منطقة التداخل بينهما من منظرين مختلفين، وبالتالي يمكن استخدام جهاز يسمي الاستريسكوب stereoscope للحصول علي منظر مجسم ثلاثي الأبعاد للمنطقة و يسمي النموذج الاستريسكوبي stereoscopic model.



شكل (٢-١٨) خطوط الطيران في التصوير الجوي

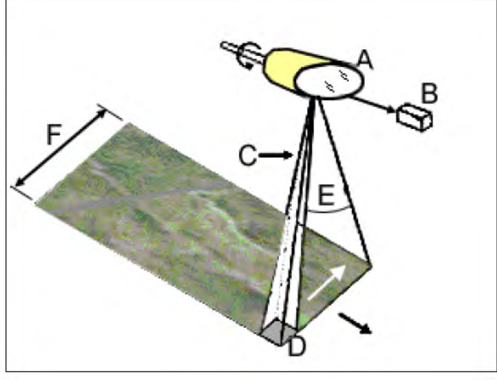
تكون الصور الجوية مفيدة أكثر عندما نحتاج درجة وضوح مكاني دقيقة أو عالية بغض النظر عن درجة الوضوح الطيفية والتي عادة ما تكون خشنة أو قليلة بالمقارنة ببيانات المستشعرات الالكترونية. ويتم استخدام الصور الجوية الرأسية في عمل القياسات الدقيقة منها وذلك لعدة تطبيقات مثل الخرائط و الجيولوجيا و الغابات. ويطلق علي علم القياس من الصور الجوية مصطلح photogrammetry وهو علم قديم يتم تطبيقه منذ بداية التصوير الجوي. وعادة ما يتم تفسير الصور بطريقة بصرية من خلال شخص ذو خبرة في التفسير، كما أنها يمكن مسحها ضوئيا للحصول علي نسخة رقمية منها و من ثم تفسيرها باستخدام برامج الكمبيوتر المتخصصة. وسنتعرض لهذا الجزء بالتفصيل في الفصل الرابع.

يستخدم التصوير متعدد النطاقات multi-band photography عدد من النظم متعددة النطاقات باستخدام عدة افلام للحصول علي صور لحظية متعددة في عدة نطاقات من المجال الكهرومغناطيسي. وتكون اهم مميزات هذا النوع من الكاميرات قدرتها علي تسجيل الاشعة المنعكسة بصورة منفصلة في نطاقات متعددة من اطوال الموجات، مما يسمح بتمييز افضل بين الاهداف المختلفة. أما الكاميرات الرقمية digital cameras التي تسجل الطاقة المنعكسة الكترونيا فتختلف بصورة كبيرة عن تلك الكاميرات التي تستخدم الافلام. فبدلا من الافلام فان هذه الكاميرات تستخدم مصفوفة مدرجة مغطاة بالسيليكون gridded array of silicon coated او ما يعرف باسم الاجهزة ثنائية الشحن charge-coupled devices (اختصارا CCD) والتي تستجيب بصورة منفصلة للإشعاع الكهرومغناطيسي. فالطاقة التي تصل الي سطح أجهزة CCD تسبب توليد شحنة كهربائية يتناسب مع درجة اللمعان للمنطقة الأرضية. ويتم تحديد رقم لكل نطاق في كل خلية أو بكسل بناءا علي هذه الشحنة الكهربائية. ومن ثم فأن هذه الصيغة الرقمية للمرئية الناتجة يمكن التعامل معها و تفسيرها باستخدام برامج الكمبيوتر. وعادة ما تكون الصور الرقمية لها درجة وضوح مكانية في حدود ٠.٣ متر و درجة وضوح طيفية ما بين ٠.٠١٢ و ٠.٣ ملليمتر، وعادة ما يتراوح عرض مصفوفة الخلايا size of pixel arrays بين ٥١٢×٥١٢ و ٢٠٤٨×٢٠٤٨.

٢-٨ المسح متعدد الأطياف

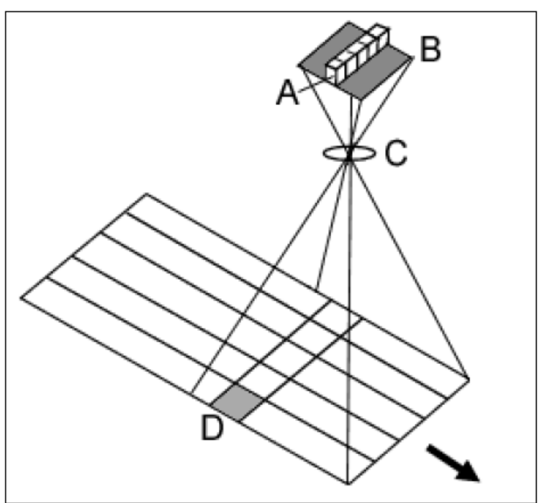
تقوم عدة نظم استشعار عن بعد بتجميع البيانات باستخدام نظم المسح scanning systems التي تستخدم مستشعر له مجال رؤية ضيق IFOV يمسح سطح الأرض لبناء مرئية ثنائية الأبعاد. ويمكن استخدام نظم المسح سواء من الطائرة أو من القمر الصناعي. ونظام المسح الذي يسمح بتجميع البيانات في عدة نطاقات من الطاقة يطلق عليه اسم "ماسح متعدد النطاقات multi-spectral scanner" أو اختصارا MSS، وهذا هو النوع الأكثر شيوعا من نظم المسح. ويوجد نوعين أو طريقتين للمسح في الماسحات متعددة النطاقات: المسح ضد المسار across-track scanning والمسح عبر المسار along-track scanning.

تقوم ماسحات ضد المسار بمسح الأرض في عدة خطوط تكون موجهة عموديا علي اتجاه حركة منصة الاستشعار (أي عمودية علي اتجاه مسار القمر الصناعي). وكل خط يتم مسحه بالتأرجح sweep من أحد جانبي المستشعر الي الجانب الاخر باستخدام مرآه متحركة rotating mirror (A)، وكلما تقدم القمر للأمام تتم عمليات مسح متعاقبة لبناء مرئية ثنائية الابعاد لسطح الارض. ويتم فصل الطاقة المنعكسة أو المنبعثة الي عدة مكونات كهرومغناطيسية بحيث يتم تحسس كلا منها بصورة مستقلة. وتوجد متحسسات داخلية internal detectors (B) كلا منها حساس لنطاق محدد من اطوال الموجات بحيث يقوم كلا متحسس بقياس الطاقة لنطاق معين من النطاقات وتحويل هذه الطاقة الي بيانات رقمية يقوم بتخزينها. ويحدد مجال الرؤية IFOV للمستشعر (C) وارتفاع منصة الاستشعار قيمة الدقة المكانية للخلية الأرضية التي يتم استشعارها (D). أما المجال الزاوي للرؤية angular field of view (E) فهو قيمة تأرجح المرآه بالدرجات المستخدمة في مسح خط، ومن ثم فهو يحدد عرض مسار التحسس swath علي الأرض (F). فالماسحات في الطائرات عادة ما تستطيع التأرجح لزوايا كبيرة (بين ٩٠ و ١٢٠ درجة) بينما ماسحات الأقمار الصناعية وبسبب ارتفاعاتها العالية فلا يمكنها التأرجح الا لزوايا صغيرة (ما بين ١٠ و ٢٠ درجة). وحيث أن المسافة ما بين المستشعر والهدف تزيد في حواف مسار الاستشعار فأن درجة الوضوح المكانية (حجم الخلية) يصبح أكبر أيضا مما يتسبب في حدوث تشوه هندسي geometric distortion في المرئية. أيضا وحيث أن زمن مجال الرؤية للخلية الواحدة (يسمي زمن الكمون dwell time) يكون قصيرا جدا فأنه يكون مؤثرا في تحديد درجات الوضوح المكانية و الراديومترية و الطيفية للمستشعر.



شكل (٢-١٩) المسح بطريقة ضد المسار

تقوم ماسحات عبر المسار along-track scanners باستخدام الحركة الامامية للمستشعر لتسجيل خطوط مسح متعاقبة وبناء المرئية ثنائية الأبعاد عموديا علي اتجاه الطيران. لكن و بدلا من استخدام مرآة المسح المتأرجحة فأن هذه الماسحات تستخدم مجموعة خطية من المتحسسات a linear array of detectors (A) موضوعة علي المستوي البؤري focal plane للمرئية (B) الذي يكونه نظام العدسات lens system (C) والذي يتحرك في نفس اتجاه حركة المسار (أي عبر المسار). ويقوم كل متحسس بقياس الطاقة لخلية أرضية محددة (D)، وبالتالي فأن حجم المتحسس و مجال الرؤية IFOV يحددان درجة الوضوح المكانية للنظام. وبالطبع فهناك حاجة لعدة مجموعات خطية من المتحسسات حتى يمكن قياس عدة نطاقات من الطاقة الكهرومغناطيسية. وبالتالي فأن الطاقة المستشعرة من كل متحسس في كل مجموعة خطية يتم تسجيلها رقميا لبناء المرئية المطلوبة.



شكل (٢-٢٠) المسح بطريقة عبر المسار

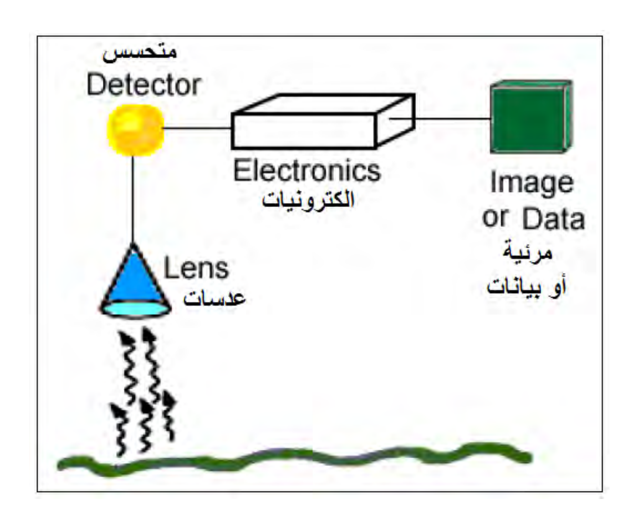
وللماسحات عبر المسار عدة مميزات عن الماسحات ضد المسار، فوجود مجموعات من المتحسسات يسمح بان يقوم كللا منهم باستشعار الطاقة لكل خلية ارضية في فترة زمنية اطول (زمن الكمون) وهذا يزيد من كمية الطاقة المستشعرة وأيضا من درجة الوضوح الراديومترية. كما أن زمن الكمون الأطول يسهل مجال الرؤية IFOV أصغر ومن ثم يحسن كثيرا من درجة الوضوح المكانية ودرجة الوضوح الطيفية. وحيث أن المتحسسات تكون أجهزة الكترونية فهي عادة ما تكون أصغر حجما و أخف وزنا و أقل استهلاكا للطاقة، وبالتالي فهي أكثر كفاءة ولها عمر افتراضي أطول حيث أنها لا تتكون من أية أجزاء متحركة (مثل مرآة التأرجح).

في كل الأحوال (بطريقة التحسس ضد المسار أو عبر المسار) فأن نظم المسح scanning systems تتفوق علي نظم التصوير photographic systems. فالمجال الطيفي لنظم التصوير مقصور فقط علي الضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء القريبة، بينما الماسحات متعددة النطاقات MSS تستطيع زيادة هذا المجال الي الاشعة تحت الحمراء الحرارية. كما أن لها درجات وضوح طيفية أكبر من نظم التصوير. أيضا فأن نظم المسح تقوم بتسجيل الطاقة الكترونيا مما يسمح بقياس و تسجيل هذه الطاقة بدقة عالية. وتتطلب نظم التصوير الامداد المستمر بالأفلام و

تحتاج لعمليات معالجة الأفلام علي الأرض بعد التقاط الصور، بينما التسجيل الالكتروني لنظم المسح يسهل من ارسال البيانات الي محطات الاستقبال والمعالجة الفورية لها علي الكمبيوتر.

٢-٩ التصوير الحراري

توجد عدة مستشعرات متعددة النطاقات MSS يمكنها تحسس الاشعة تحت الحمراء الحرارية thermal infrared بالإضافة لنطاقات الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء القريبة. لكن استشعار الطاقة المنبعثة من الأرض في نطاق الاشعة تحت الحمراء الحرارية (بين ٣ و ١٥ مايكرومتر) يختلف عن استشعار الاشعة المنعكسة. فالمستشعرات الحرارية thermal sensors تستخدم متحسسات ضوئية تكون حساسة للتفاعل المباشر مع الوحدات الضوئية (الفوتونات photons) الموجودة علي سطحها ومن ثم يمكنها قياس الاشعاع الحراري المنبعث. ويتم تبريد هذه المتحسسات في درجة حرارة تقترب من الصفر المطلق حتى يمكن تقليل الانبعاث الحراري الداخلي لها. وبصفة اساسية فان المستشعرات الحرارية تقيس درجة حرارة السطح و الخصائص الحرارية للأهداف.



شكل (٢-٢١) الاستشعار الحراري

عادة ما تكون المرئيات الحرارية مستشعرة باستخدام ماسحات ضد المسار تقوم بتحسس الاشعاع المنبعث فقط في النطاق الحراري من الطاقة الكهرومغناطيسية. وتستخدم المستشعرات الحرارية واحد او اكثر من المراجع الحرارية الداخلية internal temperature references حتى يمكنها مقارنة الاشعاع المستشعر وتحديد الحرارة المستشعرة المطلقة. وعادة ما يتم تسجيل البيانات علي أفلام او شرائط ممغنطة، وتكون درجة الوضوح الحرارية temperature resolution في حدود درجة مئوية واحدة. وللتحليل فيتم اظهار المرئية الحرارية النسبية (تسمي thermogram) بدرجات اللون الرمادي حيث تظهر الحرارة الدافئة بلون فاتح و تظهر الحرارة الباردة بلون داكن. وعادة ما يتم استخدام هذه المرئيات الحرارية النسبية في تطبيقات الاستشعار عن بعد. اما قياسات الحرارة المطلقة فيمكن حسابها لكنها تحتاج لمعايرة دقيقة للمراجع الحرارية الداخلية وأيضا لمعلومات تفصيلية عن الخصائص الحرارية للأهداف الارضية بالإضافة لتصحيح كلا من التشوه الهندسي و التأثيرات الراديومترية للمرئية.



شكل (٢-٢٢) مرئية حرارية

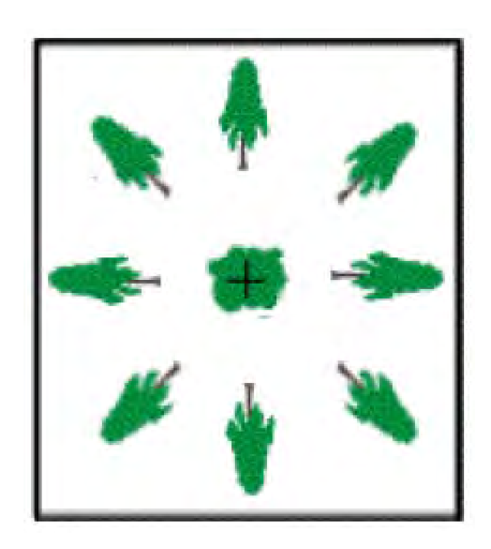
حيث ان نطاق الاشعة تحت الحمراء الحرارية كبير نسبيا (بالمقارنة بنطاق الضوء المرئي) فان تأثير التشتت في الغلاف الجوي يكون قليلا لهذه الاشعة. لكن علي الجانب الاخر فأن الامتصاص يؤثر بقوة علي نطاقين الاول من ٣ -٥ مايكرومتر و الثاني من ٨-١٤ مايكرومتر. وبما أن الطاقة تنخفض كلما زاد طول الموجة فان المستشعرات الحرارية عادة ما يكون لها مجال رؤية IFOV كبير وذلك لضمان وصول كمية كافية من الطاقة الي المتحسس. وبالتالي فان درجة الوضوح المكانية للمستشعرات الحرارية غالبة ما تكون خشنة بالمقارنة لدرجة وضوح المرئيات في نطاق الضوء المرئي و نطاق الاشعة الحمراء اللقريبة. ويمكن الحصول علي المرئيات الحرارية نهارا او ليلا (بسبب ان الاشعاع منبعث و ليس منعكس) وتستخدم لعدة انواع من التطبيقات في الاستكشاف العسكري و المخابراتي و ادارة الكوارث (مثل متابعة حرائق الغابات) ومراقبة فقدان الحرارة.

٢-١٠ التشوه الهندسي في المرئيات

يتعرض أي نوع من المرئيات (سواء نظم التصوير من الطائرات او نظم المسح متعدد النطاقات من الاقمار الصناعية) الي عدة تشوهات هندسية geometric distortions. وهذه التشوهات موجودة في اي نظام استشعار عن بعد حيث اننا نحاول تمثيل سطح الارض المجسمة ثلاثية الأبعاد من خلال مرئية ثنائية الأبعاد. وهذه الأخطاء قد تكون بسبب عدة عوامل تشمل علي سبيل المثال:

- منظور بصريات المستشعر perspective of sensor optics
- حركة نظام المسح motion of scanning systems
- حركة و عدم ثبات المنصة motion and instability of platform
- دائرة عرض و ارتفاع و سرعة المنصة latitude, altitude, and velocity of platform
- تغير تضاريس سطح الارض terrain relief
- تكور و دوران الأرض curvature and rotation of the Earth

تقدم النظم الاطارية framing systems (مثل الكاميرات في التصوير الجوي) لقطة snapshot لحظية لسطح الأرض أسفل الكاميرا، ومن ثم فأن التشوه الهندسي الاساسي هنا سيكون بسبب ازاحة التضاريس relief displacement. فالأهداف الموجودة تحت مركز الكاميرا مباشرة (أي عند نقطة النذير) سيمكن رؤية قمتها فقط، بينما الأهداف الأخرى سيظهر علي الصورة قمتها و جزء من جوانبها. وعندما يكون الهدف طويلا أو بعيدا جدا عن مركز الصورة سيكون التشوه المكاني له كبيرا.



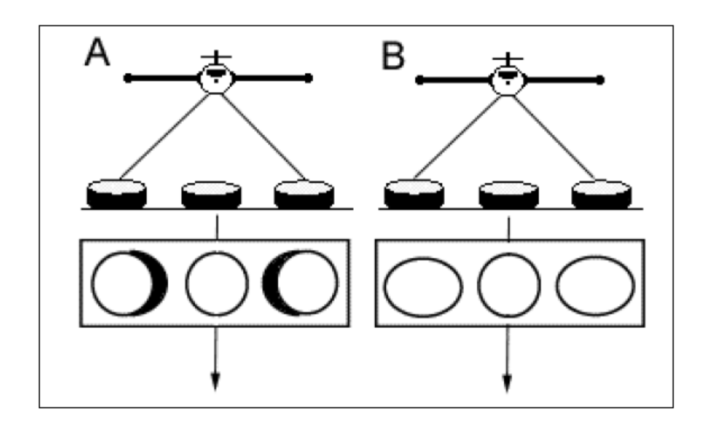
شكل (٢-٢٣) التشوه الهندسي في الصور الجوية

ان البناء الهندسي لماسحات عبر المسار مشابه لبناء الصور الجوية/ حيث أن كل متحسس في كل خط يأخذ لقطة snapshot للخلية الأرضية المستشعرة. وتكون التغيرات الهندسي بين الخطوط بسبب التغير في ارتفاع و دائرة عرض المنصة علي مسار الطيران.

أما نظم المسح ضد المسار فيكون بها نوعين من التشوهات الهندسية، أولهما الازاحة التضاريسية (A) المشابه للتصوير الجوي لكن في اتجاه واحد فقط وهو الموازي لاتجاه المسح. وهنا لا يكون هناك اي تشوه مباشرة تحت المستشعر (عند نقطة النذير). وكلما تم التحسس بعيدا عن نقطة النذير كلما ظهر التشوه او الازاحة والتي تزيد باتجاه اطراف مسار التحسس. أما النوع الثاني من التشوه (B) فيحدث نتيجة دوران بصريات الماسح scanning optics. فكلما تم تحسس ضد (عمودي علي) المسار كلما زادت المسافة بين المستشعر و الهدف الارضي. ومع أن مرآة التحسس تدور بسرعة ثابتة، الا أن مجال الرؤية IFOV للمستشعر سيتحرك بسرعة (بالمقارنة بالأرض) ويستشعر منطقة أكبر كلما كان قريبا من الأطراف. ويؤدي هذا التأثير الي ضغط صورة الاهداف البعيدة عن نقطة النذير، وهذا ما يسمي تشوه مقياس المماس tangential scale distortion. كما ان كل المرئيات تخضع لتشوهات هندسية بسبب التغيرات في ثبات المنصة والذي يشمل تغير سرعتها و ارتفاعها اثناء التحسس او الاستشعار. وهذه التأثيرات مؤثرة عند استخدام الطائرات كمنصات للاستشعار إلا انها اقل تأثيرا بدرجة كبيرة مع منصات الاقمار الصناعية التي يكون لها مدارات اكثر ثباتا. لكن وعلي الجانب الاخر فان حركة دوران الارض ناحية الشرق تتسبب في ان تأرجح نظم المسح سيغطي منطقة الي الغرب قليلا من الخط السابق. ومن ثم فأن المرئية الناتجة

ستكون منحرفة skewed وهو ما يعرف بالتشوه الانحرافي skew distortion والذي يكون شائعا في مرئيات الماسحات متعددة النطاقات.

مع أن مصادر التشوه الهندسي تختلف من حالة لآخري و من نظام استشعار لآخر ألا أنها موجودة في مرئيات الاستشعار عن بعد. وفي معظم الحالات يمكننا ازالة ا، تقليل هذه الأخطاء بدرجة كبيرة إلا أن هذه الحقيقة يجب وضعها في الاعتبار قبل أية محاولات للقياس أو استنباط أية معلومات من المرئيات.



شكل (٢-٢٤) التشوهات الهندسية في المرئيات

حيث أننا انتهينا الان من استعراض الخصائص العامة للمستشعرات و الأقمار الصناعية فستتحدث في الأجزاء القادمة عن أنواع محددة من المستشعرات (باستخدام الأقمار الصناعية) التي تعمل في نطاق الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء القريبة.

<u>٢-١١ أقمار و مستشعرات الطقس</u>

تعد أقمار مراقبة الطقس واحدة من أوليات الأقمار الصناعية المدنية في الاستشعار عن بعد حيث تم اطلاق أول قمر للطقس (قمر TIROS-1) في عام ١٩٦٠ بواسطة الولايات المتحدة الامريكية. وفي خلال الخمس سنوات التالية تم اطلاق عدد من هذه الأقمار في مدارات شبه قطبية near-polar orbits تقدم تغطية عالمية كاملة لنماذج الطقس. وقدمت وكالة الفضاء الأمريكية (المعروفة اختصارا باسم ناسا NASA) في عام ١٩٦٦ أول مرئية تغطي نصف الكرة الأرضية تبين توزيع السحب كل نصف ساعة. والآن توجد عدة دول تدير نظم أقمار صناعية لمراقبة و متابعة الظروف المناخية حول العالم. وبصفة عامة فأن هذه الأقمار تستخدم مستشعرات لها دقة وضوح مكانية قليلة أو خشنة (بالمقارنة بأقمار رصد الأرض) وتقدم تغطية مكانية كبيرة. أما درجة وضوحها الزمنية/المؤقتة فتكون عالية حتى يمكنها تقديم أرصاد متكررة لسطح الأرض والرطوبة و غطاء السحب مما يسمح بمراقبة شبة مستمرة للظروف المناخية العالمية ومن ثم امكانية التنبؤ. وسنستعرض الان بعضا من هذه التطبيقات المترولوجية.



شكل (٢-٢٥) التطبيقات المناخية ومراقبة الطقس

أقمار GOES:

تم تصميم القمر GOES (أو القمر البيئي العامل الثابت Geostationary Operational Environmental Satellite) بواسطة وكالة الفضاء الأمريكية - ناسا - ليقدم مرئيات متكررة صغيرة المقياس لسطح الأرض و غطاء السحب. وتم استخدام أجيال هذا القمر الصناعي علي مدار ٢٠ عاما في مراقبة الطقس و التنبؤ به. وهذه الأقمار الصناعية جزءا من منظومة أو شبكة عالمية من أقمار الطقس تتباعد بقيمة تقريبية ٧٠ درجة في خطوط الطول حول الأرض ليمكنها تغطية شبه كاملة للأرض. ويوجد قمرين GOES موضوعين في مدارات ثابتة مع الأرض geostationary علي ارتفاع ٣٦٠٠٠ كيلومتر بحيث أن كلا منهما يري تقريبا ثلث الأرض. وأحد هذين القمرين موضوع عند خط طول ٧٥ درجة غرب ليراقب الأمريكيتين الشمالية و الجنوبية وجزء كبير من المحيط الأطلنطي، بينما القمر الاخر موضوع عند خط طول ١٣٥ درجة غرب ليراقب أمريكا الشمالية و المحيط الهادي. ومن ثم فهما معا يغطيان المنطقة من خط طول ٢٠ غربا الي خط طول ١٦٥ غربا. والصورة التالية توضح مرئية GOES تظهر الاعصار الذي حدث بالجنوب الشرقي من الولايات المتحدة في سبتمبر ١٩٩٦.



شكل (٢-٢٦) تطبيقات القمر الصناعي GOES لمراقبة الطقس

تم اطلاق جيلين من أقمار GOES وكلاهما يقيس الاشعاع المنبعث و المنعكس ومنه يمكن استنباط درجة حرارة الغلاف الجوي و الرياح و الرطوبة و غطاء السحب. يتكون الجيل الأول من GOES-1 الذي تم اطلاقه في ١٩٧٥ وحتى GOES-7 المطلق في ١٩٩٢. أما الجيل الثاني فبدأ مع GOES-8 في ١٩٩٤ وكان له مميزات متقدمة عديدة، مثل الرصد شبه المستمر لسطح الأرض مما يسمح بالحصول علي المرئيات كل ١٥ دقيقة، بالإضافة لتحسن كبير في كلا من درجة الوضوح المكانية و الراديومترية. ويقيس المستشعر من خلال ٥ قنوات الاشعاع المنعكس و المنبعث في نطاق الضوء المرئي و نطاق الاشعة تحت الحمراء القريبة باستخدام درجة وضوح راديومترية ١٠ بت، كما في الجدول التالي:

خصائص مرئيات أقمار الطقس GOES

النطاق	طول الموجة (مايكرومتر)	الوضوح المكاني (كم)	الاستخدام
١	٠.٥٢ - ٠.٧٢ النطاق المرئي	١	السحب، التلوث، العواصف
٢	٣.٧٨ - ٤.٠٣ الاشعة تحت الحمراء القصيرة	٤	الضباب أثناء الليل، سحب المياه و الثلوج أثناء النهار، الحرائق والبراكين، درجة حرارة سطح البحر ليلا
٣	٦.٤٧ - ٧.٠٢ المستوي العالي لبخار الماء	٤	المناطق متوسطة الرطوبة، مراقبة حركة المستوي المتوسط من الغلاف الجوي
٤	١٠.٢ - ١١.٢ الاشعة تحت الحمراء الطويلة	٤	الرياح، العواصف القوية، المطر الغزير
٥	١١.٥ - ١٢.٥ نطاق الاشعة تحت الحمراء الحساسة لبخار الماء	٤	الرطوبة منخفضة المستوي، درجة حرارة سطح البحر، التراب المحمول جوا والرماد البركاني

و بالإضافة لقنوات المرئيات imaging channels يوجد أيضا ١٩ قناة أخري sounding channels تقوم بقياس الاشعاع المنبعث في ١٨ نطاق من الاشعة تحت الحمراء الحرارية و نطاق واحد من الاشعاع المنعكس في النطاق المرئي، وذلك بدرجة وضوح مكاني ٨ كيلومترات و درجة وضوح راديومترية ١٣ بت. وتستخدم هذه البيانات في تحديد درجات الحرارة السطحية و درجات حرارة السحب العليا ونماذج الرطوبة متعددة المستويات في الغلاف الجوي بالإضافة لتحليل توزيع الأوزون.

أقمار NOAA AVHRR

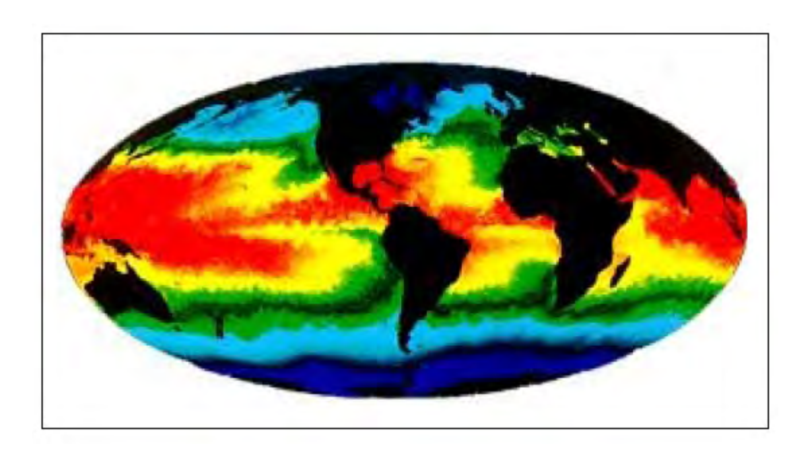
تتبني وكالة الفضاء الأمريكية عدة نظم أخري من الأقمار الصناعية المخصصة للتطبيقات المناخية تسمح بالحصول علي تغطية كاملة للأرض وفي فترات مستمرة لا تتجاوز ٦ ساعات لأي بقعة في العالم. والمستشعر الرئيسي الموجود في هذه الأقمار يسمي الراديومتر المتقدم عالي الدقة جدا

Advanced Very High Resolution Radiometer أو اختصارا AVHRR. ويستشعر هذا المستشعر الاشعاع في النطاق المرئي و الاشعة تحت الحمراء القريبة و المتوسطة والحرارية من خلال مسار يبلغ عرضه ٣٠٠٠ كيلومتر كما في الجدول التالي:

خصائص مرئيات أقمار الطقس NOAA AVHRR

النطاق	طول الموجة (مايكرومتر)	الوضوح المكاني (كم)	الاستخدام
١	٠.٥٨ - ٠.٦٨	١.١	السحب، الغيوم، الثلوج
٢	٠.؟٧٢٥ - ١.١ الاشعة تحت الحمراء القصيرة	١.١	المياه، النباتات، المسح الزراعي
٣	٣.٥٥ - ٣.٩٣ الأشعة تحت الحمراء المتوسطة	١.١	حرارة سطح البحر، البراكين، حرائق الغابات
٤	١٠.٣ - ١١.٣ الاشعة تحت الحمراء الحرارية	١.١	حرارة سطح البحر، رطوبة التربة
٥	١١.٥ - ١٢.٥ الاشعة تحت الحمراء الحرارية	١.١	حرارة سطح البحر، رطوبة التربة

ومع أن بيانات AVHRR مستخدمة علي نطاق واسع في نظم التنبؤ و التحليل للطقس، الا أنها أيضا مناسبة لتطبيقات أخري تشمل درجات حرارة سطح البحر ومراقبة النبات الطبيعي وظروف نمو المحاصيل. فعملية انشاء موزايك mosaic من مرئيات هذا القمر الصناعي لتغطي مساحات كبيرة من الأرض تسمح بعمل خرائط و اجراء التحليل صغير المقياس للغطاء النباتي.

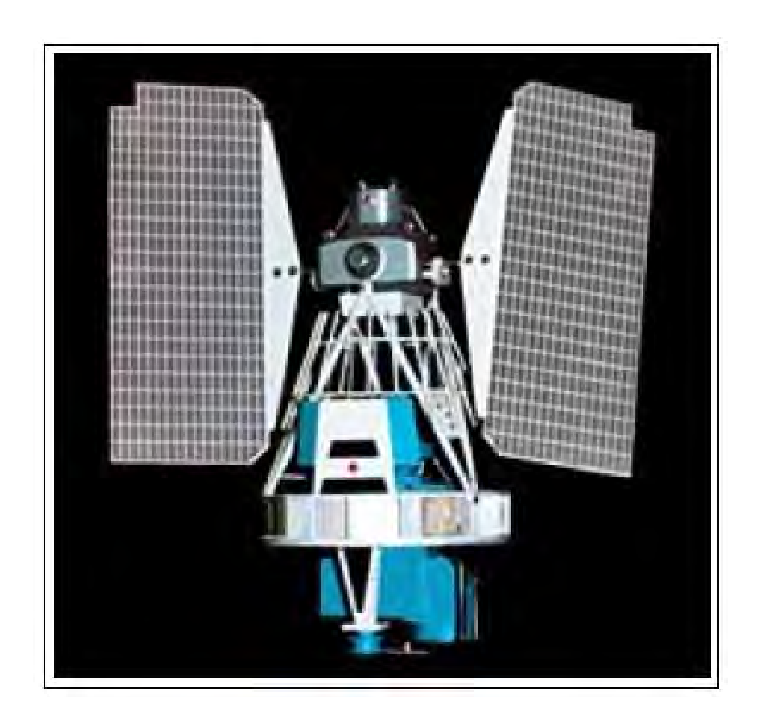


شكل (٢-٢٧) تطبيقات القمر الصناعي NOAA VHHRR لمراقبة حرارة سطح البحار

٢-١٢ أقمار و مستشعرات أرصاد الأرض

أقمار لاندسات:

أطلقت ناسا أول قمر صناعي للاستشعار عن بعد مصمم ومخصص لدراسة و مراقبة سطح الأرض في عام ١٩٧٢ وهو القمر الصناعي لاندسات Landsat-1 (كان اسمه الأولي هو قمر تقنية موارد الأرض Earth Resources Technology Satellite أو اختصارا ERTS-1). وتم تصميم لاندسات كقمر تجريبي لدراسة امكانية تجميع بيانات متعددة النطاقات لسطح الأرض من خلال الأقمار الصناعية. ومنذ ذلك الحين فقد تمكن هذا البرنامج الناجح في تجميع كم هائل من البيانات حول العالم باستخدام عدة أقمار صناعية. وفي عام ١٩٨٣ انتقلت مسئولية ادارة برنامج لاندسات من ناسا الي الهيئة الامريكية للطقس و المحيطات NOAA، وفي عام ١٩٨٥ تحول البرنامج الي برنامج تجاري يسمح بتقديم البيانات للمستخدمين المدنيين. وكل أقمار لاندسات موضوعة في مدارات شبه قطبية متزامنة مع الشمس near-polar sun-synchronous orbits وكانت الأقمار الثلاثة الاولي علي ارتفاع ٩٠٠ كيلومتر بينما باقي الأقمار التالية علي ارتفاع ٧٠٠ كيلومتر مما يسمح بفترة اعادة زيارة تبلغ ١٦ يوم.



شكل (٢-٢٨) أحد الأجيال الأولي لأقمار لاندسات

توجد عدة مستشعرات علي متن أقمار لاندسات وتشمل نظم كاميرات تسمي BRV ونظم ماسحات متعددة الأطياف MSS والماسح الموضوعي Thematic Mapper أو TM. وكل مستشعر يجمع بيانات علي مسار يبلغ عرضه ١٨٥ كيلومتر، أي أن عرض المرئية الواحدة يبلغ ١٨٥×١٨٥ كيلومتر. ويقوم الماسح متعدد الأطياف بتحسس الأهداف في أربعة نطاقات طيفية ولكلا منهم درجة وضوح مكانية تقريبا ٦٠×٨٠ متر ودرجة وضوح راديومترية ٦ بت (أي ٦٤

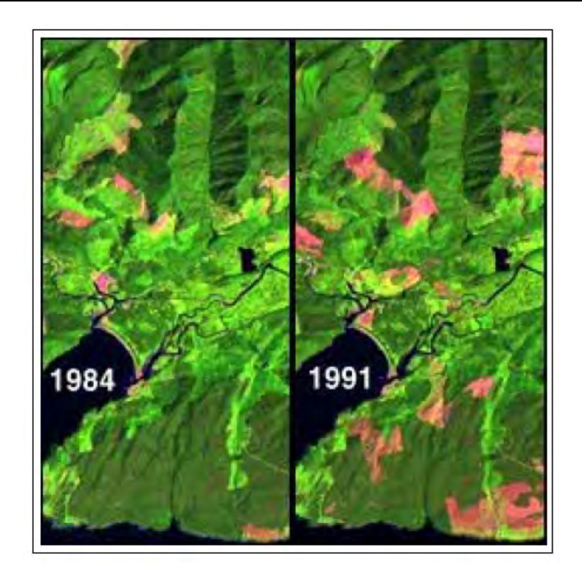
رقم). وبدءا من عام ١٩٩٢ تم ايقاف العامل بالماسح المتعدد MSS وإحلاله بالمساح الموضوعي TM بدءا من القمر لاندسات ٤. وقد زاد عدد المتحسسات لكل نطاق فأصبح ١٦ متحسسا (بدلا من ٦ متحسسات فقط في مستشعرات MSS). وباستخدام المرآة المتأرجحة فقد أصبح هناك ١٦ خط تحسس يمكن تجميعهم بالتبادل للنطاق غير الحراري (٤ خطوط للنطاق الحراري). وبالتالي فقد زاد زمن الكمون dwell time وتحسن الوضوح الهندسي و الراديومتري للبيانات. وتبلغ درجة الوضوح المكانية للماسح الموضوعي ٣٠ متر (١٢٠ متر لنطاق الاشعة تحت الحمراء الحرارية)، وتبلغ درجة الوضوح الراديومترية لكل النطاقات ٨ بت (أي ٢٥٦ رقم). وتستخدم بيانات كلا المستشعرين TM و MSS في عدد كبير من تطبيقات الاستشعار عن بعد والتي تشمل ادارة الموارد و الخرائط و مراقبة البيئة و اكتشاف التغيرات.

نطاقات المستشعر MSS في أقمار لاندسات

القناة		طول الموجة (مايكرومتر)
لاندسات ١، ٢، ٣	لاندسات ٤، ٥	
MSS 4	MSS 1	٠.٥ - ٠.٦ (أخضر)
MSS 5	MSS 2	٠.٦ - ٠.٧ (أحمر)
MSS 6	MSS 3	٠.٧ - ٠.٨ (تحت الحمراء القريبة)
MSS 7	MSS 4	٠.٨ - ١.١ (تحت الحمراء القريبة)

نطاقات المستشعر TM في أقمار لاندسات

القناة	طول الموجة (مايكرومتر)	الاستخدام
TM 1	٠.٤٥ - ٠.٥٢ أزرق	التمييز بين التربة و النباتات، رسم خطوط الشواطئ، تحديد الأهداف العمرانية
TM 2	٠.٥٢ - ٠.٦٠ أخضر	خرائط النبات الأخضر(قمة الانعكاس)، تحديد الأهداف العمرانية
TM 3	٠.٦٣ - ٠.٦٩ أحمر	التمييز بين النباتات و غير النباتات حتي وان كانت خضراء اللون، تحديد الأهداف العمرانية
TM 4	٠.٧٦ - ٠.٩٠ تحت حمراء قريبة	تحديد أنواع و صحة و محتوي النباتات، رطوبة التربة
TM 5	١.٥٥ - ١.٧٥ تحت حمراء قصيرة	رطوبة التربة ورطوبة النبات، التمييز بين المناطق المغطاة بالسحب و المغطاة بالثلوج
TM 6	١٠.٤ - ١٢.٥ تحت حمراء حرارية	رطوبة التربة وعمل الخرائط الحرارية
TM 7	٢.٠٨ - ٢.٣٥ تحت حمراء قصيرة	التمييز بين أنواع الصخور والمعادن، محتوي الرطوبة في التربة



شكل (٢-٢٩) مراقبة التغيرات أحد تطبيقات مرئيات لاندسات

يعد لاندسات-٨ أحدث أقمار سلسلة لاندسات وتم اطلاقه في ١١ فبراير ٢٠١٣، وهو يمسح الأرض كاملة كل ١٦ يوم، وتسمح هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS بالتحميل المجاني لمرئياته بعد ٢٤ ساعة وذلك من الرابط:

http://landsatlook.usgs.gov/

أو من الرابط:

http://earthexplorer.usgs.gov/

كما تم اضافة مستشعرات جديدة في لاندسات-٨ منهم مستشعر مصور الأرض الفعال Operational Land Imager (اختصارا OLI) و مستشعر الاشعة تحت الحمراء الحرارية Thermal Infrared Sensor (اختصارا TIRS):



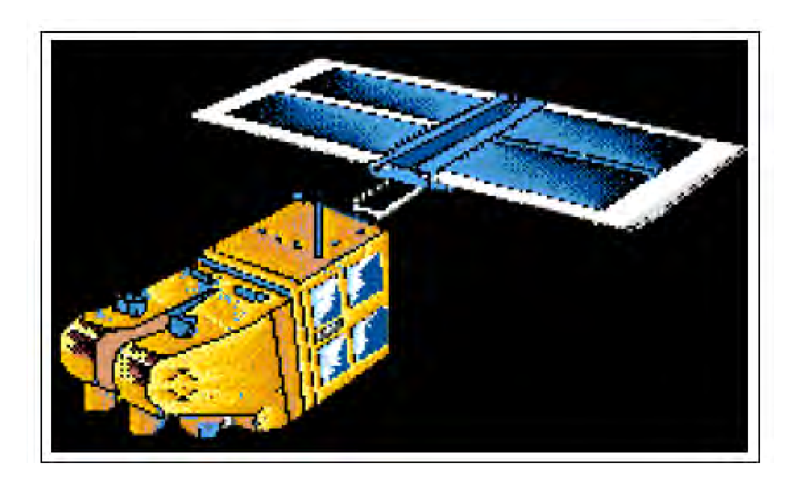
شكل (٢-٣٠) قمر لاندسات-٨

نطاقات المستشعرات الجديدة في قمر لاندسات-٨

النطاق	طول الموجة (مايكرومتر)	الدقة المكانية (متر)
Band 1 ضباب الشواطئ	٠.٤٣ - ٠.٤٥	٣٠
Band 2 الأزرق	٠.٤٥ - ٠.٥١	٣٠
Band 3 الأخضر	٠.٥٣ - ٠.٥٩	٣٠
Band 4 الأحمر	٠.٦٤ - ٠.٦٧	٣٠
Band 5 تحت الحمراء القريبة	٠.٨٥ - ٠.٨٨	٣٠
Band 6 تحت الحمراء القصيرة ١	١.٥٧ - ١.٦٥	٣٠
Band 7 تحت الحمراء القصيرة ٢	٢.١١ - ٢.٢٩	٣٠
Band 8 البانكروماتي	٠.٥٠ - ٠.٦٨	١٥
Band 9 السحاب الرقيق	١.٣٦ - ١.٣٨	٣٠
Band 10 تحت الحمراء الحرارية ١	١٠.٦٠ - ١١.١٩	١٠٠ ثم يعاد معالجتها لتصبح ٣٠
Band 11 تحت الحمراء الحرارية ٢	١١.٥٠ - ١٢.٥١	١٠٠ ثم يعاد معالجتها لتصبح ٣٠

أقمار سبوت:

تعد سلسلة أقمار سبوت SPOT (اختصار الاسم الفرنسي Systeme Pour l'Observation del la Terre) من نظم الأقمار الصناعية المخصصة للاستشعار عن بعد والمصممة والمطلقة بواسطة المركز الوطني لنظم الأرض بفرنسا وبدعم من كلا من السويد و بلجيكا. تم اطلاق سبوت-١ في عام ١٩٨٦ مع احلاله باستمرار بقمر اخر كل ٣-٤ سنوات. وجميع الأقمار في مدارات شبه قطبية ومتزامنة مع الشمس علي ارتفاع ٨٣٠ كيلومتر من سطح الأرض، مما يسمح بفترة اعادة الزيارة كل ٢٦ يوم.



شكل (٢-٣١) أحد أقمار سبوت

لأقمار سبوت نظامين من نوع النظام المرئي عالي الدقة High Resolution Visible (أو اختصارا HRV) للحصول علي للمرئيات، وكلا منهما قادر علي التحسس بطريقة القناة الأحادية (البانكروماتية) و طريقة تعدد النطاقات في ثلاثة قنوات. وكل مستشعر مع-المسار يتكون من ٤ مصفوفات خطية من المحددات: صف من ٦٠٠٠ عنصر للطريقة البانكروماتية تستطيع تحسس درجة وضوح مكانية ١٠ متر، صف من ٣٠٠٠ عنصر لكل نطاق من النطاقات المتعددة تستطيع تحسس درجة وضوح مكانية ٢٠ متر. ويبلغ عرض المسار لكلا الطريقتين ٦٠ كيلومتر.

نطاقات المستشعر HRV في أقمار سبوت

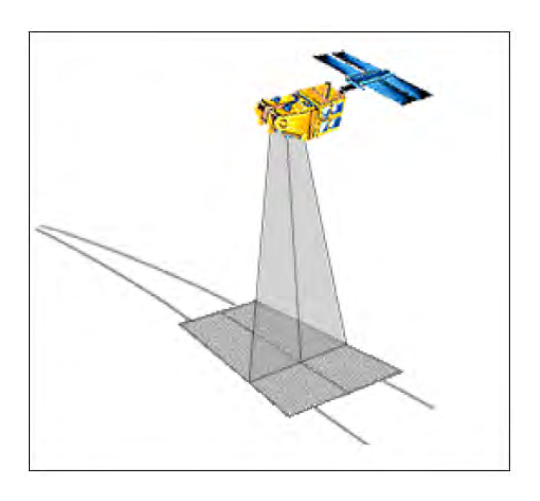
النطاق/الطريقة	طول الموجة (مايكرومتر)
الطريقة البانكروماتية PLA	٠.٥١ - ٠.٧٣ (أزرق-أخضر-أحمر)
الطريقة متعددة النطاقات MLA	
Band 1	٠.٥٠ - ٠.٥٩ (أخضر)
Band 2	٠.٦١ - ٠.٦٨ (أحمر)
Band 3	٠.٧٩ - ٠.٨٩ (تحت الحمراء القريبة)

يمكن ضبط زاوية رؤية المستشعر علي كلا جانبي المسار الرأسي للقمر الصناعي (الندير) مما يسمح برؤية أو تحسس المنطقة خارج الندير وهذا يزيد من قدرة القمر علي اعادة الزيارة. وهذه الامكانية للمستشعر لكي يتحسس ٢٧ درجة خارج الندير تسمح لأقمار سبوت بتغطية مسار يبلغ ٩٥٠ كيلومتر ومن ثم اعادة الزيارة عدة مرات أسبوعيا. وعند توجيه المستشعر خارج الندير فأن عرض المسار يتراوح بين ٦٠ و ٨٠ كيلومتر، وهذا يسمح بمراقبة مناطق محددة و يزيد أيضا من امكانية الحصول علي مرئيات خالية من السحب cloud-free scenes، بالإضافة لإمكانية الحصول علي مرئيات متداخلة أو استريوسكوبية حيث أن الحصول علي مرئيتين لنفس المنطقة من زاويتين مختلفتين يمكننا من اجراء التحليل ثلاثي الأبعاد لتضاريس سطح الأرض.



شكل (٢-٣٢) مسارات أقمار سبوت

تزيد هذه الرؤية المائلة من تردد زيارة المناطق الاستوائية الي ثلاثة أيام (٧ مرات خلال الدورة الكاملة البالغة ٢٦ يوم)، بينما المناطق الواقعة علي دائرة عرض ٤٥ درجة يمكن رؤيتها بتردد أكبر يبلغ ١١ مرة كل ٢٦ يوم (نتيجة تقارب مسارات القمر ناحية القطب). وعند توجيه المستشعر ليغطي مسارات أرضية متجاورة فيمكن رؤية مسار يبلغ عرضه ١١٧ كيلومتر (مع تداخل ٣ كيلومترات بين كل مسارين متتاليين). وفي هذه الطريقة فيمكن تجميع البيانات اما في النطاق البانكروماتي أو في النطاق المتعدد وليس في كلاهما في نفس الوقت.



شكل (٢-٣٣) تغير عرض المسار في أقمار سبوت

تتميز مرئيات سبوت بدرجة الوضوح المكانية الدقيقة، واستخدام النطاقات الثلاثة في الحصول علي المرئيات زائفة الألوان false-color images. كما تستخدم المرئية البانكروماتية في زيادة وضوح sharpness المرئية الملونة. وتستخدم مرئيات سبوت في التطبيقات التي تحتاج لوضوح تفصيلي مثل خرائط النمو العمراني، وأيضا لتطبيقات التي تحتاج مراقبة متكررة (مثل التطبيقات الزراعية). كما أن مرئيات سبوت الاستريسكوبية تلعب دورا هاما في تطبيقات الخرائط الطبوغرافية و عمل نماذج ارتفاعات رقمية DEM (اختصار Digital Elevation Model).

حديثا تم اطلاق القمر سبوت-٧ في ٣٠ يونيه ٢٠١٤ ليبعد ١٨٠ درجة في نفس المدار مع القمر سبوت-٦ (الذي تم اطلاقه في ٢٠١٢) ليغطيان معا منطقة تبلغ ستة ملايين كيلومتر مربعا في اليوم بحيث تكون فترة إعادة الزيارة الي يوم واحد. وتبلغ قدرة الوضوح المكانية لكلاهما ١.٥ متر للنطاق البانكروماتي (مناسبة لإنتاج الخرائط بمقياس رسم ١:٢٥٠٠٠) و ٦.٠ أمتار للنطاقات الأربعة المتعددة (الأزرق و الأخضر و الأحمر وتحت الحمراء القريبة)، و يبلغ عرض المسار ٦٠ كيلومتر عند النذير.



شكل (٢-٣٤) قمر سبوت-٧



شكل (٢-٣٥) مرئية سبوت-٧ لمدينة سيدني الاسترالية في ٣ يوليه ٢٠١٤

أقمار IRS:

تدمج مجموعة الأقمار الهندية للاستشعار عن بعد Indian Remote Sensing (أو اختصارا IRS التي بدأ اطلاق أول أقمارها في ١٩٨٨) مميزات من كلا من أقمار لاندسات و أقمار سبوت. القمر الرابع من هذه المجموعة IRS-1D الذي تم اطلاقه في سبتمبر ١٩٩٧ له ثلاثة مستشعرات: كاميرا عالية الوضوح ذات نطاق واحد بانكروماتي PAN، ومستشعر متوسط الوضوح ذو أربعة قنوات LISS-III، ومستشعر متوسط الوضوح ذو قناتين لمجال رؤية كبير WiFS.

وبالإضافة لدرجة وضوحه المكانية العالية فأن المستشعر البانكروماتي في أقمار IRS يمكنه الحركة حتى ٢٦ درجة عمودي علي المسار مما يسمح بالتحسس الاستريسكوبي وتقليل فترة اعادة الزيارة (مثل القمر سبوت). وتستخدم مرئيات IRS عالية الوضوح المكاني في تطبيقات التخطيط

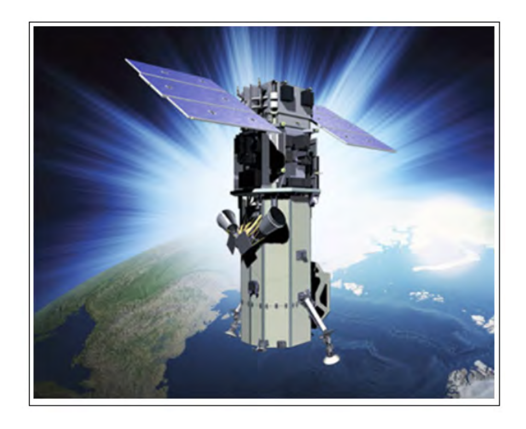
العمراني و الخرائط. أما النطاقات الأربعة للمستشعر LISS-III فهي مماثلة لنطاقات المستشعر TM في أقمار سبوت، ومن ثم فهي ممتازة لتطبيقات تمييز أنواع النباتات وخرائط الغطاء الأرضي وتخطيط الموارد الطبيعية. أما مستشعر WiFS المماثل لنطاقات مستشعر NOAA AVHRR من حيث الوضوح المكاني و التغطية فهو مناسب لتطبيقات مراقبة النباتات علي مستوي اقليمي.

خصائص مستشعرات أقمار IRS

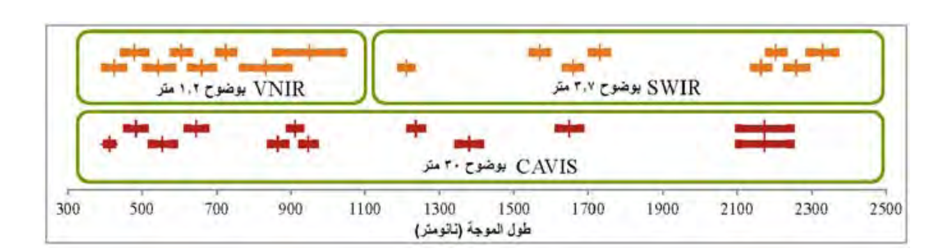
المستشعر	طول الموجة (مايكرومتر)	درجة الوضوح المكانية (م)	عرض المسار (كيلومتر)	فترة اعادة الزيارة (يوم) عند خط الاستواء
بانكروماتي **PAN**	٠.٥ - ٠.٧٥	٥.٨	٧٠	٢٤
LISS-III				
الأخضر	٠.٥٢ - ٠.٥٩	٢٣	١٤٢	٢٤
الأحمر	٠.٦٢ - ٠.٦٨	٢٣	١٤٢	٢٤
تجث الحمراء القريبة	٠.٧٧ - ٠.٨٦	٢٣	١٤٢	٢٤
تحت الحمراء القصيرة	١.٥٥ - ١.٧٠	٧٠	١٤٨	٢٤
WiFS				
الأحمر	٠.٦٢ - ٠.٦٨	١٨٨	٧٧٤	٥
تحت الحمراء القريبة	٠.٧٧ - ٠.٨٦	١٨٨	٧٧٤	٥

أقمار Worldview

يعد WorldView-3 القمر الثالث من هذه السلسة من الأقمار الصناعية التجارية من شركة Digital Globe (و أطلق في ١٣ أغسطس ٢٠١٤) من أحدث الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد وأفضلها من حيث الوضوح المكاني. وتصل دقة الوضوح المكاني لهذا القمر الي ٠.٣١ متر للنطاق البانكروماتي و ١.٢٤ متر للنطاقات المتعددة و ٣.٧ متر لنطاق الاشعة تحت الحمراء القصيرة. ويتميز هذا القمر بالإضافة للمستشعر البانكروماتي (٠.٤٥ - ٠.٨٠ مايكرومتر) و المستشعر متعدد النطاقات VNIR (وعددهم ٨ للنطاقات ٠.٤٠ - ١.٠٤ مايكرومتر) باستشعار الأشعة تحت الحمراء القصيرة SWIR في ٨ نطاقات (١.١٩٥ - ٢.٣٦٥ مايكرومتر) و مستشعر من نوع CAVIS يتحسس الضباب و السحب و محتوي بخار الماء وعدة مركبات مناخية أخري في ١٢ نطاق (٠.٤٠٥ - ٢.٢٤٥ مايكرومتر). كما يتميز WorldView-3 بفترة اعادة زيارة أقل من يوم ويمكنه جمع بيانات لمساحة ٦٨٠ ألف كيلومتر مربع يوميا، وبقدرة وضوح راديومترية ١١ بت للنطاق البانكروماتي و ١٤ بت للنطاقات المتعددة.



شكل (٢-٣٦) قمر WorldView-3



شكل (٢-٣٧) نطاقات الاستشعار في قمر WorldView-3

<u>أقمار SkySat</u>

سلسلة أخري من الأقمار التجارية المخصصة للاستشعار عن بعد المملوكة لشركة SkySat Imaging والتي أطلقت أول أقمارها في ٢٠١٣ ثم القمر الثاني SkySat-2 في ٨ يوليه ٢٠١٤ علي ارتفاع ٤٥٠ كيلومتر من سطح الأرض. وبالإضافة للمرئيات فيقدم هذا القمر أيضا لقطات فيديو بالأبيض و الأسود بجودة ٣٠ لقطة/ثانية لمدة تصل الي ٩٠ ثانية. أما درجة الوضوح المكانية للنطاق البانكروماتي فتبلغ ١.١ متر وللنطاق المتعدد تبلغ ٢.٠ متر، ويبلغ عرض المسار ٢ و ٨ كيلومترات علي الترتيب.



شكل (٢-٣٨) قمر SkySat-2

نطاقات الاستشعار في قمر SkySat-2

النطاق	طول الموجة (مايكرومتر)
البانكروماتي	٠.٤٥ - ٠.٩٠
الأزرق	٠.٤٥ - ٠.٥١٥
الأخضر	٠.٥١٥ - ٠.٥٩٥
الأحمر	٠.٦٠٥ - ٠.٦٩٥
تحت الحمراء القريبة	٠.٧٤ - ٠.٩٠

نظم MEIS-11 and CASI:

من المفيد أيضا التعرض لبعض تطبيقات الاستشعار عن بعد المعتمدة علي الطائرات (وليس الأقمار الصناعية) كمنصات. فعلي سبيل المثال فأن النظام الكندي MEIS-II (الذي يرمز الي الماسح البصري-الالكتروني متعدد النطاقات أو Multispectral Electro-optical Imaging Scanner) فيعتمد علي تركيب هذا الماسح في الطائرات. ويسمح النظام بتجميع البيانات في ٨ بت (أي ٢٥٦ رقم) في ثمانية نطاقات تتراوح بين ٠.٣٩ و ١.١ مايكرومتر باستخدام مصفوفة خطية مكونة من ١٧٢٨ متحسس لكل نطاق. كما توجد امكانية التصوير الاستريسكوبي من خط طيران واحد، بالإضافة لإمكانية اختيار نطاق معين متغير من الطاقة للتعامل معه كل مرة.

أما النظام الكندي CASI (يرمز الي النظام الاستريسكوبي المضغوط للتصوير الجوي Compact Airborne Spectrographic Imager) فيعد من أوليات نظم الاستشعار الجوي التجاري. فالمستشعر متعدد النطاقات يسمح بتحسس النطاقات في الضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء باستخدام ماسح عبر-المسار به ٢٨٨ قناة تغطي أطوال موجات من ٠.٤ الي ٠.٩ مايكرومتر. وتعتمد درجة الوضوح المكانية علي ارتفاع الطيران إلا أن تحديد نطاقات الاستشعار تعتمد علي احتياجات المستخدم ذاته. وقد كانت هذه النظم الجوية مفيدة للغاية في تطوير المستشعرات متعددة النطاقات التي تم استخدامها في نظم الاقمار الصناعية.

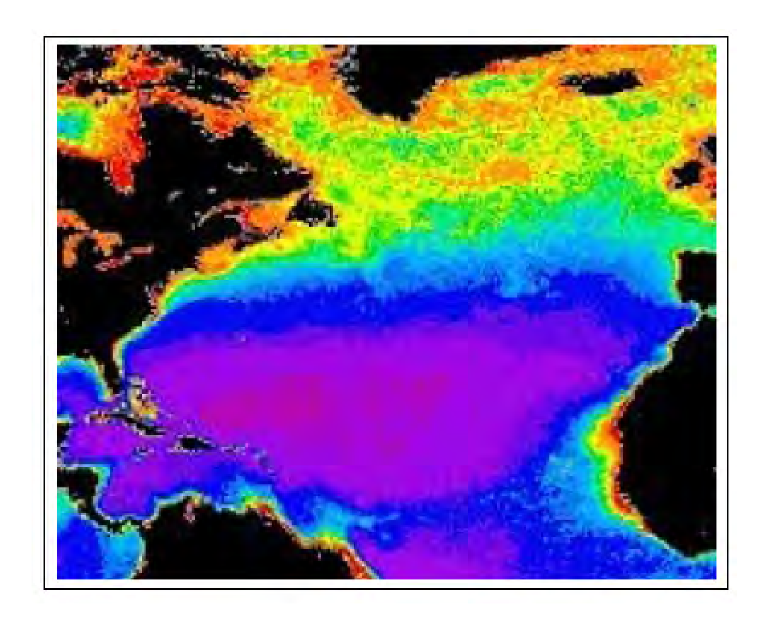
٢-١٣ أقمار و مستشعرات الارصاد البحرية

قمر Nimbus-7:

تشكل المحيطات ثلثي الكرة الأرضية وتلعب دورا هاما في النظام المناخي العالمي، ومن ثم فتوجد عدة نظم أقمار صناعية مخصصة لدراسة المحيطات. تم اطلاق أول قمر من هذه الفئة (القمر Nimbus-7) في ١٩٧٨ حاملا مستشعر من نوع الماسح الملون لمناطق الشواطئ Costal Zone Color Scanner (أو اختصارا CZCS). ويسمح مدار هذا القمر الصناعي بتغطية كاملة للأرض كل ستة أيام، ويتم التحسس في ستة نطاقات طيفية كما في الجدول التالي. هذا و قد توقف هذا القمر الصناعي في عام ١٩٨٦.

نطاقات الاستشعار لمستشعر CZCS

القناة	طول الموجة (مايكرومتر)	العناصر المستشعرة
١	٠.٤٣ - ٠.٤٥	امتصاص الكلوروفيل
٢	٠.٥١ - ٠.٥٣	امتصاص الكلوروفيل
٣	٠.٥٤ - ٠.٥٦	المادة العضوية gelbstoff
٤	٠.٦٦ - ٠.٦٨	تركيز الكلوروفيل
٥	٠.٧٠ - ٠.٨٠	النبات السطحي
٦	١٠.٥٠ - ١٢.٥٠	الحرارة السطحية



شكل (٢-٣٩) أحد مرئيات أقمار CZCS

أقمار MOS:

تم اطلاق أول أقمار هذه السلسلة من الأقمار الصناعية للأرصاد البحرية Marine Observation Satellite (أو اختصارا MOS) في ١٩٨٧ بواسطة اليابان، ثم جاء القمر الثاني في ١٩٩٠. ويبلغ ارتفاع القمر ٩٠٠ كيلومتر، ومن ثم فأن فترة اعادة الزيارة تصل الي ١٧ يوم. وتحمل هذه الأقمار الصناعية ثلاثة أنواع من المستشعرات: (١) ماسح راديومتري متعدد النطاقات ذو أربعة قنوات MESSR، (٢) ماسح راديومتري مرئي و حراري ذو أربعة قنوات VTIR، (٣) ماسح راديومتري للأشعة القصيرة ذو قناتين MSR. وتماثل نطاقات المستشعر

MESSR نطاقات المستشعر MSS في أقمار لاندسات مما يجعل هذه البيانات مفيدة لتطبيقات الأراضي كما هي مفيدة للتطبيقات البحرية.

نطاقات الاستشعار المرئية و الاشعة تحت الحمراء في أقمار MOS

المستشعر	طول الموجة (مايكرومتر)	الوضوح المكاني (متر)	عرض المسار (كيلومتر)
MESSR	٠.٥١ - ٠.٥٩	٥٠	١٠٠
	٠.٦١ - ٠.٦٩	٥٠	١٠٠
	٠.٧٢ - ٠.٨٠	٥٠	١٠٠
	٠.٨٠ - ١.١٠	٥٠	١٠٠
VTIR	٠.٥٠ - ٠.٧٠	٩٠٠	١٥٠٠
	٦.٠ - ٧.٠	٢٧٠٠	١٥٠٠
	١٠.٥ - ١١.٥	٢٧٠٠	١٥٠٠
	١١.٥ - ١٢.٥	٢٧٠٠	١٥٠٠

مستشعر SeaWiFS:

تم تصميم هذا المستشعر (اختصار المستشعر عريض المجال لرؤية البحار Sea-Viewing Wide-Field-of View Sensor) خصيصا لمراقبة المحيطات وتم وضعه علي متن القمر الصناعي SeaStar في مدار يرتفع ٧٠٥ كيلومتر عن سطح الأرض. وتسمح البيانات المستشعرة في ثمانية قنوات ضيقة بدراسة عناصر مناخية محددة في المحيطات (مثل المخزون الحراري وتكون الضباب) وبدرجة وضوح مكانية عالية تبلغ ١.١ كيلومتر عند الندير من خلال مسار يبلغ عرضه ٢٨٠٠ كيلومتر، وأيضا بدرجة وضوح مكانية أقل تبلغ ٤.٥ كيلومتر لمسار عرضه ١٥٠٠ كيلومتر.

نطاقات الاستشعار لمستشعر SeaWiFS

القناة	طول الموجة (مايكرومتر)
١	٠.٤٠٢ - ٠.٤٢٢
٢	٠.٤٣٣ - ٠.٤٥٣
٣	٠.٤٨٠ - ٠.٥٠٠
٤	٠.٥٠٠ - ٠.٥٢٠
٥	٠.٥٤٥ - ٠.٥٦٥
٦	٠.٦٦٠ - ٠.٦٨٠
٧	٠.٧٤٥ - ٠.٧٨٥
٨	٠.٨٤٥ - ٠.٨٨٥

٢-١٤ مستشعرات أخري

قدمت الاجزاء الثلاثة السابقة نبذة عن أشهر المستشعرات و الأقمار الصناعية المستخدمة في تطبيقات الاستشعار عن بعد الشائعة. الا أنه يوجد أنواع أخري من المستشعرات الأقل شيوعا لأغراض أخري من الاستشعار عن بعد، ومنهم المستشعرات الاتية.

الفيديو:

مع أنها أقل من حيث درجة الوضوح المكانية من التصوير الجوي التقليدي أو اللاستشعار الرقمي، إلا أن كاميرات الفيديو تقدم وسيلة مفيدة للحصول علي البيانات. ومن التطبيقات التي تستفيد من الفيديو عمليات مراقبة الكوارث الطبيعية (مثل الحرائق و الفيضانات) وتقدير المحاصيل و أمراضها ومراقبة المخاطر البيئية وأيضا المراقبة الأمنية لأجهزة الشرطة. وتسجل كاميرات الفيديو الاشعاع في النطاق المرئي وأيضا الأشعة تحت الحمراء القريبة وفي بعض الأحيان الأشعة تحت الحمراء المتوسطة.

نظم FLIR:

تعمل نظم FLIR (اختصار الاشعة تحت الحمراء للحركة الأمامية Forward Looking Infrared) مثل المستشعرات الحرارية بنظام ضد المسار، لكنها تقدم منظر مائل وليس منظر النذير لسطح الأرض. وعادة ما تستخدم هذه المستشعرات في الطائرات أو الهليكوبتر لتحسس المنطقة التي تقع أمام الطائرة. ومن أمثلة تطبيقات هذه المستشعرات عمليات البحث و الانقاذ والعمليات العسكرية و أيضا مراقبة حرائق الغابات.

تقنية LiDAR:

تعمل تقنية التحسس و قياس المسافات بالضوء Light Detection And Ranging كنظام استشعار عن بعد موجب active sensor بطريقة مشابهه للرادار. وهنا يتم اطلاق أشعة ليزر من المستشعر ومن ثم تحسس وقياس الطاقة المنعكسة من الأهداف التي يقع عليها الليزر. وبقياس الزمن المستغرق من لحظة الاطلاق الي لحظة عودة الليزر للمستشعر يمكن حساب المسافة بينهما. وبصورة عالية الكفاءة يتم استخدام هذه التقنية في قياس الارتفاعات و أعماق المياه. كما تستخدم هذه التقنية أيضا في دراسات الغلاف الجوي مثل قياس محتوي الجزئيات في كل طبقة من طبقات الغلاف الجوي و مراقبة التيارات الهوائية وتقدير كثافة الهواء.

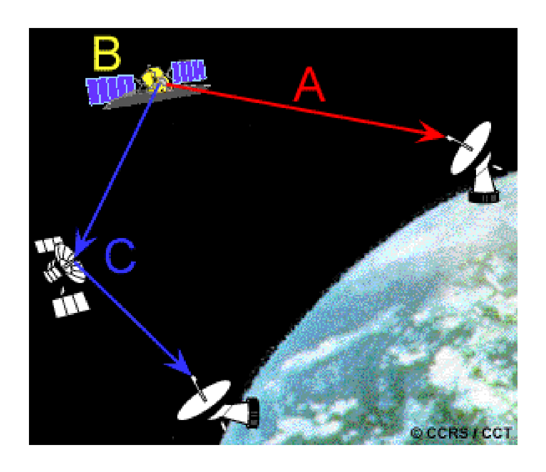
تقنية RADAR:

تعمل تقنية التحسس و قياس المسافات بالراديو Radio Detection And Ranging (الرادار) كمستشعر موجب active sensor ، حيث يتم اطلاق أشعة قصيرة من المستشعر ومن ثم تحسس وقياس الطاقة المنعكسة من الأهداف. وبقياس الزمن المستغرق من لحظة الاطلاق الي لحظة عودة الليزر للمستشعر وأيضا بقياس كمية الطاقة المنعكسة فيمكن تكوين مرئية ثنائية الأبعاد لسطح

الأرض. ومن مميزات الرادار أنها تقنية تعتمد علي مصدر طاقة خاص بها ومن ثم يمكنها العمل نهارا أو ليلا، كما أن الاشعة القصيرة قادرة علي اختراق السحب والمطر. وسنستعرض هذه التقنية بالتفصيل لاحقا.

٢-١٥ استقبال و بث و معالجة البيانات

في الاستشعار عن بعد باستخدام الطائرات فأن البيانات المستشعرة يتم استرجاعها و تحليلها بمجرد هبوط الطائرة. أما بيانات الأقمار الصناعية فتحتاج للبث الرقمي الي سطح الأرض وذلك من خلال ثلاثة بدائل: (A) بث البيانات مباشرة الي محطة استقبال أرضية Ground Receiving Station (اختصارا GRS) اذا كانت في مجال رؤية القمر الصناعي، فان لم تكن المحطة الأرضية في مجال رؤية القمر فيتم تخزين البيانات علي متن القمر ذاته لحين بثها للمحطة الأرضية في وقت لاحق (B)، كما يمكن أيضا ارسال البيانات للمحطة الأرضية من خلال نظام للأقمار الصناعية لحمل و بث البيانات (C)، أي يتم نقل البيانات من قمر صناعي الي اخر لحين بثها للمحطة الأرضية المناسبة.



شكل (٢-٤٠) طرق بث بيانات الاستشعار عن بعد

تصل البيانات للمحطة الأرضية في صورة رقمية خام raw digital format، وعند الحاجة يتم معالجة هذه البيانات لتصحيح الأخطاء والتشوهات المنتظمة الهندسية و تشوهات الغلاف الجوي ثم وضعها في صورة قياسية. وعادة ما يتم كتابة البيانات علي وسائط تخزين مثل الاسطوانات المدمجة CD أو الشرائط من خلال نظام أرشيف تفصيلي معين.

للعديد من المستشعرات يمكن امداد العملاء بمرئيات شبه لحظية near real-time اذا كانت الحاجة تتطلب ذلك، وعادة ما يتم استخدام نظم معالجة سريعة لهذا الغرض بهدف انتاج مرئيات قليلة الوضوح بعد ساعات قليلة من استشعار البيانات عن بعد. ومن أمثلة هذه التطبيقات عمليات ابحار السفن في محيطات المناطق القطبية والتي تتطلب معلومات سريعة عن التيارات البحرية وحركة الجبال الثلجية حتى يمكن تحديد مسارات امنة للسفن. كما أن هذه المرئيات قليلة الوضوح تستخدم للمعاينة قبل أن يقوم العملاء بشراء المرئيات الأصلية عالية الجودة.

٢-١٦ أسئلة و أجوبة لموضوعات هذا الفصل

س ١: ما هي مميزات و عيوب مستشعرات الأقمار الصناعية بالمقارنة بمستشعرات الطائرات؟



س ٢: كلما تدور الأقمار ذات المدارات شبه القطبية المتزامنة مع الشمس (near-polar sun-synchronous orbits) حول الأرض فأنها تعبر خط الاستواء عند وقت شمسي محلي محدد local sun time كل يوم. و بسبب طبيعة سرعة المدار فأن جميع النقاط الأخرى علي سطح الأرض سيتم عبورها قبل أو بعد هذا الزمن. لمستشعر في النطاق المرئي من الطاقة ما هي مميزات و عيوب زمن المرور (الزمن الشمسي المحلي) في: (أ) الصباح الباكر، (ب) عند الظهر، (ج) بعد الظهر؟

س ٣: بالنظر للمرئيتين في الشكل التالي، فأيهما لها مقياس أصغر؟ وما هي المنصة المستخدمة للمرئية ذات المقياس الأصغر (طائرة أو قمر صناعي)؟



س ٤: اذا أردنا مراقبة صحة الغطاء النباتي في بقعة معينة علي مدار عدة شهور، فأي منصة و أي خصائص للمستشعر المناسب لهذا الغرض (من حيث درجة الوضوح المكانية و الطيفية و الراديومترية) ؟

س ٥: تعد المستشعرات عالية الوضوح الطيفي hyperspectral sensors (المذكورة في الجزء ٢-٤) نوعا خاصا من المستشعرات متعددة النطاقات حيث أنها تستطيع تحسس و تسجيل عدد كبير (قد يصل الي مئات) من النطاقات الطيفية الضيقة. ما هي مميزات و عيوب هذا النوع من المستشعرات؟

س ٦: المجال الطيفي للقنوات المستشعر CASI وعددهم ٢٨٨ قناة يتراوح ما بين ٠.٤٠ و ٠.٩٠ مايكرومتر، وكل نطاق يغطي طول موجة ١.٨ نانومتر (النانومتر = $١٠^{-٩}$ متر). ألن يوجد تداخل بين هذه النطاقات؟

س.٧: أفترض أن لديك مرئية لها درجة وضوح راديومترية ٦ بت، ما هي أقصي قيمة للرقم الذي يمكن به تمثيل هذه المرئية؟

س .٨: كيف يمكن للمرئيات الحرارية أن تكون مفيدة في البيئة العمرانية؟

س.٩: أي نظم المسح scanning (بالطائرات أم بالأقمار الصناعية) ستكون أفضل لتقليل التشوه الهندسي بقدر الامكان في حالة عمل خرائط منطقة جبلية؟

س.١٠: أشرح لماذا تكون بيانات المستشعر TM مفيدة أكثر من بيانات المستشعر الأصلي MSS في مرئيات القمر الصناعي لاندسات (تذكر درجة الوضوح المكاني و الطيفي و الراديومتري لكلاهما)؟



ج ١: بصفة عامة فأن المستشعرات الموجودة علي متن الأقمار الصناعية تستطيع رؤية (أو تحسس) منطقى أكبر من سطح الأرض من تلك المستشعرات علي متن الطائرات. أيضا وحيث أنها تدور حول الأرض باستمرار فهي تقدم فرصة الحصول علي مرئيات بصورة متكررة و منتظمة لمراقبة التغيرات التي تحدث مع مرور الزمن. كما أن سهولة و دقة حسابات تحديد مدارات الأقمار الصناعية تسهل من تصحيح المرئيات الفضائية. أما مميزات المستشعرات الجوية فتتمثل في امكانية جمع البيانات في أي وقت و لأي منطقة، بينما للأقمار الصناعية قيود علي زمن و تغطية جمع البيانات طبقا لخصائص مدار كل قمر. كما أنه من الصعب جدا اصلاح مستشعر في الفضاء اذا حدثت به أية مشكلة تقنية.

ج ٢: في حالة كون زمن العبور في الصباح الباكر فستكون الشمس في زاوية منخفضة للغاية في السماء مما سيقلل من تشوه الغلاف الجوي، لكن وعلي الجانب الاخر سيكون هناك الكثير من الظلال للمناطق عالية الأهداف. أما في حالة زمن العبور عند الظهر فأن الشمس تكون في أعلي نقطة في السماء و من ثم فيكون توزيع الاضاءة منتظما وهذا مفيد للسطوح ذات الانعكاس القليل، لكن سيكون تحليل انعكاس السطوح الملساء صعبا. وعلي الجانب الاخر فأن ظاهرة التسخين الشمسي solar heating (تسخين الشمس للأهداف) تكون في أقصي قيمها في وقت الظهر، مما يصعب من تسجيل الطاقة المنعكسة. ومن هنا فأن معظم الأقمار الصناعية التي تتحسس الطاقة في النطاق المرئي والأشعة تحت الحمراء المنعكسة و المنبعثة تعتمد علي زمن العبور في الصباح المتوسط (ولبس الصباح الباكر) كحل وسط.

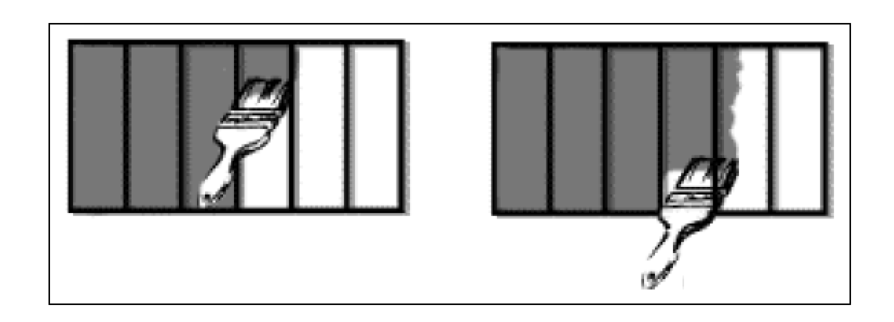
ج ٣: المرئية اليسري مأخوذة من قمر صناعي بينما المرئية اليمني مأخوذة من طائرة، فالمنطقة الظاهرة في المرئية اليمني موجودة أيضا في المرئية اليسري. ويمكن تمييز أو ملاحظة أهداف صغيرة نسبيا (مباني) في المرئية اليمني ولا يمكن تمييزها علي المرئية اليسري، بينما المرئية اليسري تظهر فقط الأهداف العامة مثل أنماط الشوارع و الكباري. وبما أن الأهداف تظهر كبيرة علي المرئية اليمني فيدل ذلك علي أن وحدة قياس معينة (مثلا ١ سنتيمتر) علي المرئية ستمثل مسافة حقيقة (أرضية) أصغر، مما يدل علي أنها مرئية ذات مقياس كبير. فالمرئية اليمني ما هي إلا صورة جوية من الطائرة لمباني البرلمان في مدينة أوتاوا الكندية، بينما المرئية اليسري هي مرئية فضائية من القمر الصناعي لمدينة أوتاوا.

ج ٤: يكون المستشعر المثالي لمراقبة الحالة العامة لصحة النبات هو الذي يقدم تغطية واسعة وبدرجة وضوح خشنة (قليلة) نسبيا. فالتفاصيل الدقيقة لن تكون مطلوبة لمراقبة مجموعة عامة من الغطاء النباتي. أما في حالة استخدام المستشعرات الجوية فأن فترة اعادة الزيارة ستكون أقصر مما سيتيح تغطية متكررة مناسبة لمراقبة التغيرات. وتتيح التغطية المتكررة أن يتمن استبدال المناطق ذات السحب و الغيوم الكثيرة ببيانات أخري لنفس الوقت في وقت قريب نسبيا. أيضا فأن المستشعر يجب أن يكون له درجة وضوح طيفية عالية، فعلي الأقل يجب تجميع بيانات في النطاق المرئي ونطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة. فالنباتات لها درجة انعكاس قليلة في النطاق المرئي، لكن لها درجة انعكاس كبيرة في نطاق الاشعة تحت الحمراء القريبة. فدرجة الانعكاس تمثل أحد مؤشرات صحة النباتات بصفة عامة. وبصفة عامة فيوجد مستشعر علي متن أحد الأقمار الصناعية لوكالة المحيطات و الغلاف الجوي

الأمريكية NOAA لها كل هذه المواصفات وبالفعل تستخدم بياناتها للمراقبة علي المستوي العالمي.

ج ٥: للمستشعرات عالية الوضوح الطيفي درجة وضوح طيفية عالية بسبب نطاقاتها الطيفية الضيقة. فبقياس الاشعاع في عدة نطاقات صغيرة من أطوال الموجات يمكننا وبكفاءة بناء مجال طيفي مستمر للإشعاع المستشعر في كل بكسل من المرئية ومن ثم يمكننا التمييز الدقيق بين الأهداف بناءا علي الاستجابة الطيفية التفصيلية. وهذا ما لا يمكننا الحصول عليها عند التعامل مع فترات أو نطاقات عريضة من أطوال الموجات مثل تلك المستخدمة في المستشعرات متعددة النطاقات. لكن وعلي الجانب الاخر فأن هذه الحساسية العالية تزيد بدرجة مؤثرة علي حجم البيانات المستشعرة، مما يجعل عمليتي تخزين و معالجة البيانات تتطلب كمبيوترات بمواصفات خاصة عالية. كما أن تحليل هذه البيانات لن يكون بالأمر السهل.

ج ٦: مجال اطوال الموجات = ٠.٩٠ - ٠.٤٠ = ٠.٥٠ مايكرومتر.
بوجود عدد ٢٨٨ قناة كلا منها يغطي ١.٨ نانومتر فأن:
أطوال الموجات المغطاة الاجمالية = ٢٨٨ × ١.٨ × ١٠ $^{-٩}$
= ٠.٠٠٠٠٠٠٥١٨٤ متر = ٠.٥١٨٤ مايكرومتر
وهذا أكبر من مجال أطوال الموجات لهذا المستشعر (٠.٥٠ مايكرومتر) ومن ثم فبالفعل سيحدث تداخل بين هذه النطاقات أو القنوات.



ج.٧: القيمة الرقمية الممكنة لتمثيل المرئية تساوي الرقم ٢ مرفوعا لأس يساوي درج الوضوح الراديومترية، أي ٢ ^{٦} = ٦٤ . وحيث أن أرقام التمثيل تبدأ عادة من الرقم صفر، فأن أقصي قيمة ممكنه ستكون ٦٣.

ج. ٨: يعد تحسس و قياس فقدان الحرارة heat loss من المباني في المناطق العمرانية من أمثلة تطبيقات المرئيات الحرارية داخل المدن. ففي الدول الشمالية الباردة فأن تكلفة التدفئة تكون عالية، ومن ثم فأن تحديد المباني أو أجزاء المباني التي تعاني من فقدان أو تسرب الحرارة من الممكن تتبعه من المرئيات الحرارية. فان كانت كمية الحرارة المتسربة أو المفقودة مؤثرة فيتم استهداف هذه المباني أو المناطق لإجراء عمليات الصيانة و الاصلاح لنظم التدفئة بها.

ج .٩: مع أن المسح بالطائرات من الممكن أن يوفر دقة هندسية مناسبة، إلا أن المسح بالقمر الصناعي سيكون هو المفضل للمناطق الجبلية. فبسبب التغيرات الكبيرة في مناسيب التضاريس فأن الازاحة ستكون كبيرة المسح الجوي مقارنة بالارتفاع الكبير للأقمار الصناعية. كما أن الظلال ستشكل مشكلة أخري عند استخدام الطائرات مما يصعب بدرجة كبيرة من عمل الخرائط للمناطق الجبلية.

ج .١٠: مع أن التغطية المكانية للمستشعر MSS تقريبا تماثل المستشعر TM، إلا أن هذا الأخير يوفر درجات وضوح أفضل مكانية و طيفية و راديومترية. فدرجة الوضوح المكاني للمستشعر TM تبلغ ٣٠ متر مقارنة بقيمة ٨٠ متر للمستشعر MSS (ماعدا القنوات الحرارية التي تبلغ درجة وضوحها ١٢٠-٢٤٠ متر). أي أن مستوي التفاصيل في TM أفضل من MSS. أيضا للمستشعر TM درجة وضوح طيفية أكبر (له عدد أكبر من النطاقات أو القنوات). وبالمثل فأن مستشعر TM له درجة وضوح راديومترية ٨ بت (أي ٢٥٦ قيمة رقمية) بالمقارنة بدرجة ٦ بت (أي ٦٤ رقم فقط) للمستشعر MSS. ومع ذلك فتجب الاشارة الي أن بيانات المستشعر MSS مازال لها العديد من التطبيقات حتى الان.

الفصل الثالث

تحليل المرئيات

٣-١ مقدمة

حتى يمكننا الاستفادة من مميزات الاستشعار عن بعد و الاستفادة من البيانات المستشعرة فيجب أن نكون قادرين علي استخراج المعلومات المفيدة من المرئيات وهو ما يعرف باسم تفسير interpretation و تحليل analysis المرئيات. وهذا هو المكون السادس من مكونات عملية الاستشعار التي ذكرناها في الفصل الأول. وتشمل هذه الخطوة تحديد أو تعريف الأهداف المختلفة و قياسها من أجل استنباط معلومات مفيدة عنهم. وهذه الأهداف التي يمكن ظهورها علي المرئية:

- أهداف قد تكون في صورة نقطة أو خط أو مساحة، أي أنها تأخذ أي صورة مثل أتوبيس في موقف أو طائرة علي مدرج أو كوبري أو طريق وحتى المسطحات المائية و الحقول الزراعية.

- يجب أن تكون الأهداف قابلة للتمييز distinguishable أي أنها مختلفة عن الأهداف المحيطة بها علي نفس المرئية.

يتم معظم تفسير و تحليل المرئيات بصورة بصرية أو بشرية visual interpretation، وعادة ما تتم هذه العملية بعد طباعة المرئيات علي الورق. ومن ثم تسمي هذه الصيغة بالصيغة التناظرية analog format للبيانات، وكما ذكرنا في الفصل الأول أن هناك بيانات استشعار تكون مباشرة في صيغة رقمية digital format. ويمكن للتفسير البصري أو البشري أن يتم لفحص البيانات الرقمية المعروضة علي شاشة الكمبيوتر. وفي حالة توافر البيانات في الصيغة الرقمية فمن الممكن عمل المعالجة و التحليل الرقمي أو الآلي digital processing and analysis باستخدام الكمبيوتر والبرامج المتخصصة. و تاريخيا كانت عملية التفسير و التحليل البشري تتم بداية علي الصور الجوية، ولم تبدأ عمليات التفسير الالي إلا حديثا بعد التوصل لعمليات تسجيل البيانات رقميا و ابتكار الكمبيوتر. ويتميز التفسير البصري بأنه لا يحتاج لأجهزة متقدمة أو غالية الثمن مثل التفسير الرقمي، لكنه عادة مقصور علي تحليل قناة واحدة أو صورة واحدة في نفس الوقت. لكن وعلي الجانب الاخر فأن التحليل الرقمي في بيئة الكمبيوتر يمكننا من التعامل مع مرئيات مركبة من عدة قنوات أو من عدة أزمنة. ومن هنا فأن التحليل الآلي مفيد جدا لتحليل عدة نطاقات و التعامل مع كم هائل من البيانات المستشعرة وبسرعة أكبر كثيرا من التحليل البشري.

٣-٢ عناصر التفسير البصري

ان تحديد الأهداف هو مفتاح عملية التفسير و استخراج المعلومات. وتشمل هذه العملية محاولة رصد الاختلافات بين الأهداف و محيطها والمقارنة بين الأهداف المختلفة من خلال رصد بعض العناصر المرئية/البصرية ومنها: درجة اللون، الشكل، الحجم، النمط، النسيج، الظل و التواجد.

درجة اللون tone:

درجة اللون هي اللمعان النسبي (للمرئيات غير الملونة) أو اللون (للمرئيات الملونة) لهدف معين علي المرئية. بصفة عامة فأن درجة اللون هو العامل الرئيسي للتمييز بين عدة أهداف أو عدة معالم.



شكل (٣-١) درجة اللون

الشكل shape:

وهو الهيئة العامة أو تكوين أو الاطار الخارجي للهدف، وهو عنصر هام للتمييز بين عدة أهداف. فعلي سبيل المثال فأن الحواف المستقيمة عادة ما تدل علي أهداف عمرانية أو أهداف زراعية (حقول) بينما الأهداف الطبيعية مثل حواف الغابات عادة ما تكون متعرجة في الشكل. وكمثال اخر فأن الحقول الزراعية التي يتم ريها باستخدام نظم الري الدائرية ستظهر علي صورة أشكال دائرية في المرئية.



شكل (٣-٢) الشكل

الحجم size:

يعتمد حجم الأهداف علي المرئية علي مقياس رسمها، لكن بالإضافة للحجم المطلق فأن تقييم أو مقارنة حجم هدف معين بصورة نسبية مع حجم الأهداف المحيطة به علي المرئية يكون عاملا هاما في عملية التفسير. فعلي سبيل المثال فأنه في مرئية تظهر منطقة مدنية بها العديد من المباني فأن الأهداف أو المباني الكبيرة ترجح وجود منشئات صناعية بينما الأهداف الصغيرة قد تشير الي مباني سكنية.



شكل (٣-٣) الحجم

النمط pattern:

النمط هو الترتيب المكاني spatial arrangement للأهداف القابلة للتمييز. عادة فأن التكرار المتماثل لنفس درجات اللون و النسيج ينتج عنه أنماط يمكن تمييزها. فعلي سبيل المثال فأن بساتين الفاكهة تتميز بالأشجار المتباعدة بصورة منتظمة وأيضا الشوارع في مدينة والمساكن منتظمة المسافات تقدم بعض أمثلة للنمط.



شكل (٣-٤) النمط

النسيج texture:

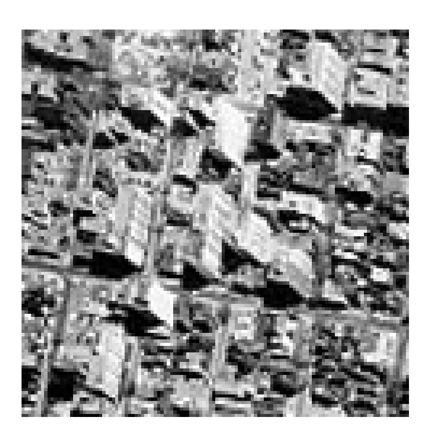
يمثل النسيج ترتيب و تكرار الاختلافات في درجة اللون في منطقة معينة علي المرئية. فالنسيج الخشن rough texture يتكون من درجات لون مزركشة أو متعددة حيث تتغير درجة اللون بصورة مفاجئة في منطقة صغيرة، بينما النسيج الناعم smooth texture سيكون له تغير بسيط جدا في درجة اللون. عادة ما يكون النسيج الناعم نتيجة أسطح منتظمة مثل الحقول الزراعية و الأسفلت والأرض العشبية. وعلي الجانب الآخر فأن النسيج الخشن يكون للأسطح الخشنة و التركيبات غير المنتظمة مثل الغابات علي سبيل المثال.



شكل (٣-٥) النسيج

الظل shadow:

الظل عامل مهم من عوامل التفسير البصري ويعطينا فكرة عن الارتفاعات النسبية للأهداف علي المرئية، ومن ثم يسهل تمييزها. لكن الظل قد يكون عائقا أيضا في عملية التفسير لأنه قد يؤثر علي الأهداف الواقعة في منطقة الظل ذاتها. أيضا فأن الظلال مفيدة لتفسير التضاريس خاصة في مرئيات الرادار.



شكل (٣-٦) الظل

التواجد association:

يؤخذ عامل التواجد أو الترابط أو المصادقة في عملية التفسير حيث يدل علي العلاقة بين الأهداف المحيطة بالهدف المراد تمييزه. فعلي سبيل المثال فأن المنشئات الصناعية عادة ما تتواجد بالقرب من خطوط المواصلات، بينما المناطق السكنية تتواجد أو تترابط مع المدارس و الملاعب. ففي الصورة التالية يمكن تمييز وجود بحيرة مترابطة مع القوارب والمنطقة الترفيهية المجاورة.



شكل (٣-٧) التواجد

٣-٣ المعالجة الرقمية للمرئيات

للاستفادة من التقنيات المتوافرة في عصرنا الحالي فأن معظم بيانات الاستشعار عن بعد يتم تخزينها في صورة رقمية. ومن ثم فأن عملية معالجة المرئيات صارت تتم في صورة رقمية باستخدام أجهزة الكمبيوتر و برامجها المتخصصة. وعادة ما تشمل هذه العملية عدة وظائف أو مراحل يمكن تقسيمها الي أربعة مجموعات رئيسية تشمل:

- المعالجة الأولية pre-processing
- تحسين المرئية image enhancement
- تحويل المرئية image transformation
- تصنيف و تحليل المرئية image classification and analysis

تشمل مرحلة المعالجة الأولية الخطوات اللازمة قبل البدء في التحليل و استنباط المعلومات. وهذه الوظائف تنقسم الي التصحيح الراديومتري و التصحيح الهندسي للمرئية. فالتصحيح الراديومتري radiometric correction يشمل تصحيح التعرجات أو التشوهات لبيانات المستشعر والضجيج أو التشوه الناتج عن طبقات الغلاف الجوي ثم تحويل البيانات لصورة تماثل وبدقة الطاقة المنبعثة أو المنعكسة للمستشعر. أما التصحيح الهندسي فيشمل تصحيح التشوهات الهندسية الناتجة عن العلاقة الهندسية بين الأرض و المستشعر ثم تحويل البيانات الي نظام احداثيات يمثل العالم الحقيقي (خطوط الطول و دوائر العرض) علي سطح الأرض.

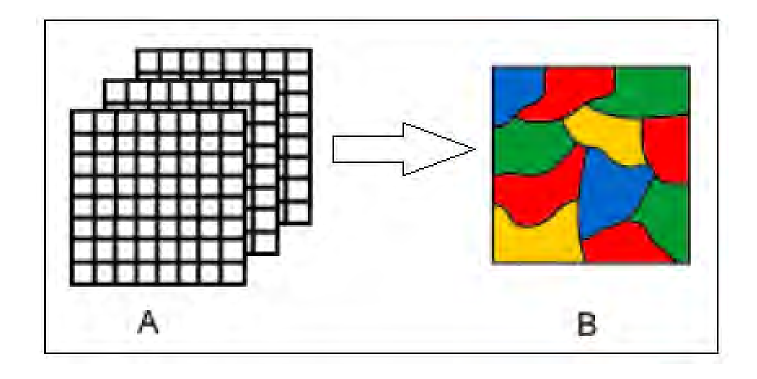
تهدف المرحلة الثانية من مراحل معالجة المرئية - مرحلة تحسين المرئية - تهدف الي تحسين جودة تمثيل المرئية للمساعدة في تفسيرها و تحليلها بصريا. ومن أمثلة وظائف هذه المرحلة وظيفة زيادة تباين contrast stretching المرئية و وظيفة الفلتر (أو المصفاة) المكاني spatial filtering ليسهل التمييز بين الأهداف.



شكل (٣-٨) تحسين المرئية

تشبع عمليات تحويل المرئية في مفهومها عمليات تحسين المرئية، إلا أن تحسين المرئية غالبا ما يتم علي مرئية واحدة بينما عادة ما تشتمل عمليات التحويل معالجة بيانات عدة مرئيات. وتتم عمليات رياضية (مثل الجمع و الطرح و الضرب و القسمة) بهدف تكوين و تحويل النطاقات الأصلية للمرئية الي مرئية "جديدة" تمثل مظاهر أو أهداف المرئية بصورة جيدة.

تهدف عمليات مرحلة التصنيف و التحليل الي التحديد الرقمي وتصنيف خلايا (البكسل) البيانات. فعادة ما يتم التصنيف علي بيانات متعددة القنوات (A) وتحديد فئة لكل خلية/بكسل (B) طبقا لخصائص احصائية عن قيمة اللمعان لكل خلية.



شكل (٣-٩) تصنيف المرئية

وفي الاجزاء التالية سنلقي الضوء علي هذه العمليات بتفصيل أكثر.

٣-٤ المعالجة الأولية

تهدف عمليات المعالجة الأولية (وتعرف أيضا بعمليات استعادة و تقويم المرئية image restoration and rectification) لتصحيح الأخطاء و التشوهات الراديومترية و الهندسية للمستشعر و الغلاف الجوي المؤثرة علي البيانات. تكون التصحيحات الراديومترية ضرورية بسبب التغير في اضاءة المشهد و هندسة الرؤية و ظروف الطقس وأخطاء المستشعر ذاته. وتختلف هذه الأخطاء بناءا علي المستشعر و المنصة المستخدمين في استشعار البيانات بالإضافة للظروف أثناء عملية الاستشعار. أيضا يكون من المرغوب فيه أن تتم تحويل و معايرة البيانات مقارنة بوحدات مطلقة للإشعاع و الانعكاس وذلك بهدف تسهيل عملية المقارنة بين البيانات.

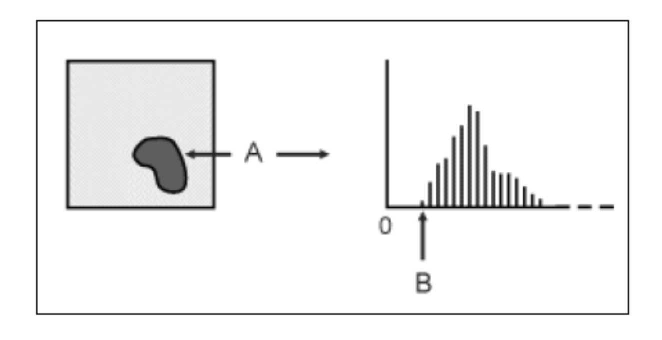
يمكن تصحيح تغيرات الاضاءة و هندسة الرؤية (للمستشعرات البصرية) بعمل نمذجة للعلاقات الهندسية و المسافة بين كلا من المنطقة الأرضية المصورة و الشمس و المستشعر. وهذه غالبا ما يكون مطلوبا ليمكننا مقارنة مرئيات عدة مستشعرات لعدة فترات زمنية أو ليمكننا عمل موزايك مرئيات متعددة لنفس المستشعر مع الاحتفاظ بظروف اضاءة منتظمة من مشهد الي آخر.



شكل (٣-١٠) المعالجة الأولية للمرئية

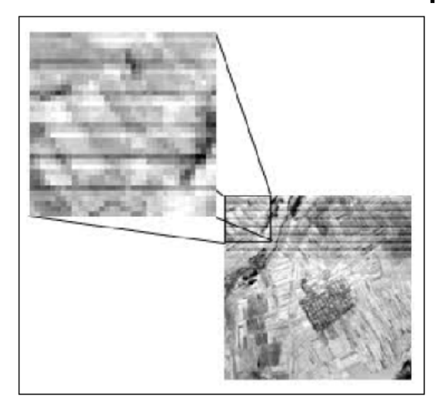
سبق الذكر في الفصل الأول أن تشتت الاشعاع قد يحدث أثناء مرور و تفاعل الاشعاع مع الغلاف الجوي. وقد يؤدي هذا التشتت الي تقليل أو اضعاف جزء من الطاقة التي تضئ المشهد. أيضا فأن طبقات الغلاف الجوي تضعف الأشعة التي تسير من الهدف الي المستشعر. ويمكن تطبيق عدة طرق لتصحيح أخطاء الغلاف الجوي atmospheric correction تتراوح ما بين من خلال النمذجة التفصيلية لظروف الطقس أثناء عملية الاستشعار و الحسابات البسيطة التي تعتمد فقط علي المرئية ذاتها. وكمثال لهذه الطريقة الأخيرة نقوم بفحص قيم الاضاءة المرصودة (أي القيم الرقمية digital numbers) لمنطقة تقع في الظل أو لهدف داكن جدا (مثل بحيرة A) وتحديد أقل قيمة (B). ويتم التصحيح من خلال طرح هذه القيمة (المحسوبة لكل نطاق band) من جميع الخلايا في النطاق المناظر. وحيث أن التشتت يعتمد علي طول الموجة فأن أقل قيمة ستختلف من نطاق الي نطاق اخر. وهذه الطريقة مبنية علي الفرض بأن الانعكاس من هذه الأهداف (في حالة كون الغلاف

الجوي صحو) سيكون صغير جدا (ان لم صفرا). ومن ثم فنحن اذا استطعنا رصد القيم الأكبر كثيرا من الصفر فستكون خالية من التشتت.

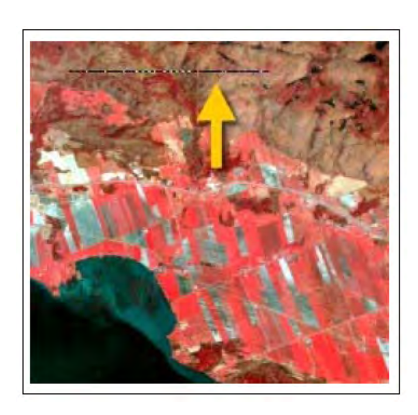


شكل (٣-١١) تصحيح أخطاء تشتت الغلاف الجوي

يحدث الضجيج noise في المرئية اما بسبب عدم الانتظام أو بسبب أخطاء تحدث في سواء في استجابة المستشعر أو في تسجيل و بث البيانات. ومن الأنواع الشائعة للضجيج الشرائح المنتظمة systematic striping و الخطوط المتساقطة dropped lines. ويجب تصحيح هذين الخطأين قبل البدء في عمليات التحسين و التحليل. كانت الشرائح المنتظمة شائعة في مرئيات مستشعر MSS لأقمار اللاندسات القديمة بسبب خطأ انحراف drift يحدث مع مرور الزمن في المتحسسات الستة لهذا النظام. وكان هذا الانحراف مختلفا في كل متحسس ومن ثم يسبب اختلافا في اللمعان وتمثيله في كل متحسس، ومن هنا فأن المظهر العام أو الاجمالي سيكون هو التأثير الشرائحي striped effect. أما الخطوط المتساقطة فتحدث عند وجود أخطاء منتظمة تتسبب في وجود فجوات أو بيانات معيبة علي خط المسح أثناء عملية الاستشعار. وعادة ما يتم معالجة هذا العين من خلال احلال خلايا الخط المعيب بخلايا الخط الأعلى منه أو الخط الأسفل منه أو بمتوسط كلاهما.



شكل (٣-١٢) خطأ الشرائح المنتظمة



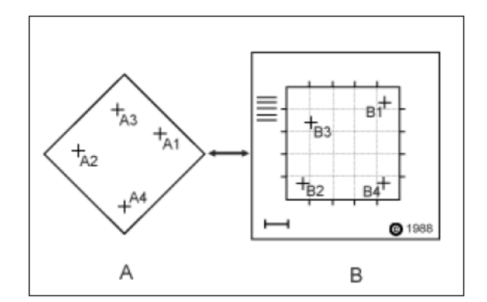
شكل (٣-١٣) خطأ الخطوط المتساقطة

للتطبيقات الكمية لبيانات الاستشعار عن بعد فمن الضروري تحويل القيم الرقمية الي قياسات بوحدات تمثل الانعكاس أو الانبعاث الحقيقي من سطح الأرض. ويتم ذلك بالاستعانة بمعلومات تفصيلية عن استجابة المستشعر والطريقة التي يتم بها تحويل الاشارات التناظرية analog

signals (أي الاشعاع المنعكس أو المنبعث) الي القيم الرقمية، وهو ما يعرف بطريقة التحويل تناظري-الي-رقمي analog-to-digital (أو اختصارا A-to-D). وبحل هذه العلاقة بطريقة عكسية فيمكننا حساب قيمة الاشعاع المطلق لكل خلية، وهذا ما يمكننا من عمل مقارنة دقيقة بين عدة مرئيات مختلفة في التاريخ أو من مستشعرات مختلفة.

في الجزء ٢-١ (الفصل الثاني) تعلمنا أن كل المرئيات المستشعرة تتعرض ضمنيا لتشوهات هندسية. وهذه التشوهات ناتجة عن عدة عوامل منها: منظور عدسات المستشعر، حركة نظام المسح، حركة المنصة، ارتفاع و سرعة المنصة، تأثير أو ازاحة التضاريس، وتكور سطح الأرض. وتهدف التصحيحات الهندسية geometric corrections الي التغلب علي هذه الأخطاء أو التشوهات حتى يكون التمثيل الهندسي للمرئية أقرب ما يكون للعالم الحقيقي. والكثير من هذه التشوهات يكون منتظما systematic أو يمكن التنبؤ به predictable في طبيعته ومن ثم يمكن معالجته من خلال النمذجة الدقيقة للعلاقة الهندسية بين المستشعر و المنصة و الأرض. لكن يوجد بعض التشوهات التي تكون غير منتظمة un-systematic أو عشوائية random وهي ما لا يمكن نمذجتها بهذه الطريقة. وهنا يتم ما يعرف بعملية التسجيل الهندسي geometric registration للمرئية لنظام احداثيات أرضية معلوم.

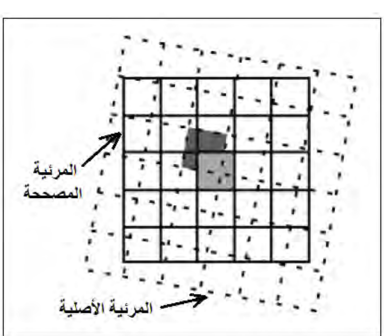
تشمل عملية التسجيل الهندسي تحديد الاحداثيات علي المرئية image coordinates (أي الصف و العمود) لبعض النقاط الواضحة علي المرئية (A) والتي يطلق عليها اسم نقاط الضبط الأرضي ground control points (أو اختصارا GCP) ومطابقة احداثياتهم في نظام احداثيات أرضية (مثلا خط الطول و دائرة العرض). وعادة ما يتم الحصول علي الاحداثيات الأرضية الحقيقية لهذه النقاط من خريطة (B) سواء كانت ورقية أو رقمية، ومن ثم تسمي هذه العملية بالتسجيل من المرئية الي الخريطة image-to-map registration. وبمجرد تحديد مجموعة من نقاط الضبط الموزعة توزيعا جيدا علي المرئية فيقوم برنامج الكمبيوتر بحساب معادلات تحويل الاحداثيات ليمكن بع ذلك تطبيقها علي الاحداثيات الأصلية للمرئية (الصف و العمود) واستنتاج الاحداثيات الأرضية الحقيقية. أيضا يمكن لعملية التسجيل الهندسي أن تتم بتسجيل مرئية الي مرئية أخري سبق تحديد احداثياتها الأرضية الحقيقية. وهذا ما يسمي بالتسجيل من مرئية الي مرئية image-to-image registration.



شكل (٣-١٤) التسجيل الهندسي من مرئية الي خريطة

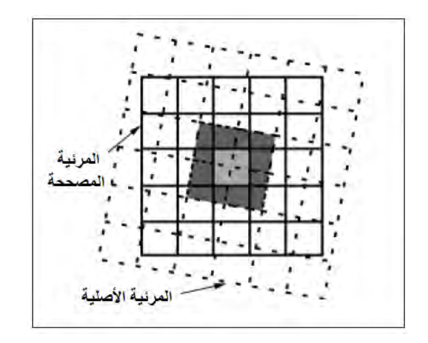
حتى يمكننا اتمام التصحيح الهندسي للمرئية الأصلية المشوهه فأن عملية تسمي اعادة أخذ العينة re-sampling يتم تطبيقها لتحديد القيم الرقمية التي سيتم وضعها في كل خلية أو بكسل للمرئية

الجديدة الناتجة. وهذه العملية تقوم بحساب قيمة الخلايا الجديدة بناءا علي قيم الخلايا في المرئية الأصلية، وهناك ثلاثة طرق شائعة الاستخدام في عملية اعادة أخذ العينة وهي: الجار الأقرب nearest neighbor، الاستنباط الخطي المزدوج bilinear interpolation، الالتفاف التكعيبي cubic convolution. ان طريقة الجار الأقرب تستخدم للخلية الجديدة القيمة الرقمية للخلية التي تكون أقرب ما يكون لها في المرئية الأصلية. وهذه الطريقة هي أبسط طرق اعادة أخذ العينة، وهي لا تقوم بتغيير القيم الأصلية الا أن بعض قيم الخلايا قد تتكرر بينما البعض الاخر قد يفقد.

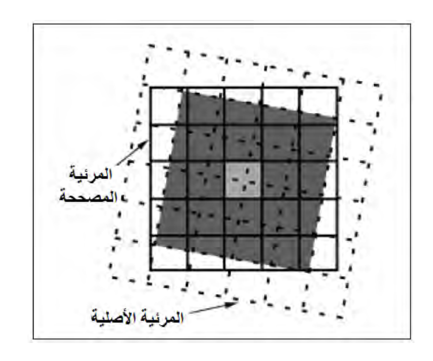


شكل (٣-١٥) طريقة الاستنباط الخطي المزدوج لإعادة أخذ العينة

تعتمد طريقة الاستنباط الخطي المزدوج علي حساب المتوسط الموزون لأقرب أربعة خلايا علي المرئية الأصلية لحساب قيمة الخلية في المرئية الجديدة. وبسبب عملية المتوسط فأن المرئية الجديدة ستكون ذات قيم جديدة (مختلفة) تماما. وهذا التأثير قد يكون غير مرغوبا به في حالة اتمام التصنيف و التحليل المعتمد علي الاستجابة الطيفية. وهنا فقد يكون اتمام عملية اعادة أخذ العينة لاحقا بعد اتمام التصنيف. أما طريقة الالتفاف التكعيبي فتقوم بحساب المتوسط لعدد ١٦ خلية مجاورة علي المرئية الأصلية للخلية علي المرئية الجديدة. ومثل الطريقة السابقة فأن المرئية الناتجة عن تطبيق طريقة الالتفاف التكعيبي ستكون جديدة تماما وذات قيم خلية مختلفة تماما عن المرئية الأصلية. لكن كلتا هاتين الطريقتين تتميزان بالنتاج مرئيات أكثر وضوحا و تفاديا المظهر الداكن الذي قد ينتج عن تطبيق طريقة الجار الأقرب.



شكل (٣-١٦) طريقة الجار الأقرب لإعادة أخذ العينة

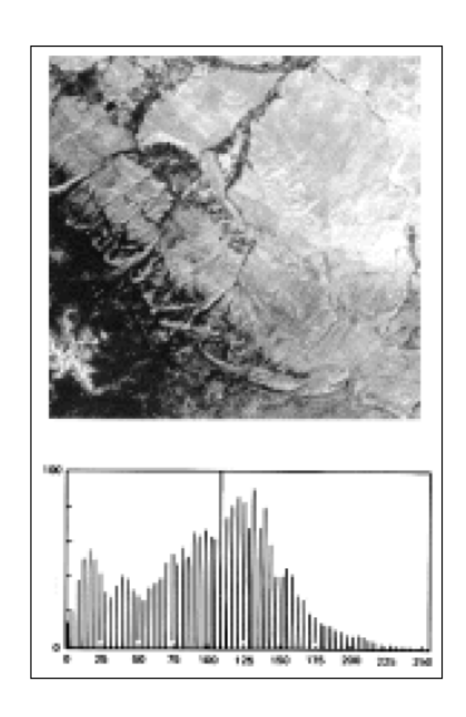


شكل (٣-١٧) طريقة الالتفاف التكعيبي لإعادة أخذ العينة

٣-٥ تحسين المرئية

يستخدم تحسين المرئية لجعل التفسير البصري أسهل، ومع أن عمليات التصحيحات الراديومترية و الهندسية قد تكون قد تمت قبل أن يتم توفير المرئيات للمستخدم إلا أن المرئية قد تكون مازالت غير ملائمة تماما للتفسير البصري. ان أجهزة الاستشعار عن بعد - خاصة في الأقمار الصناعية - تكون مصممة للتعامل مع مستويات عدة من طاقة الأهداف والتي غالبا تناسب جميع الظروف التي يمكن مواجهتها. ومع التغيرات الكبيرة في الاستجابة الطيفية لمجال واسع من الأهداف (غابات و صحراء و ثلوج و مياه ....الخ) فأنه لا يوجد تصحيح راديومتري يستطيع أن يتعامل مع كل هذه الأنواع ليوفر لنا مجال اضاءة و تباين مناسب لجميع هذه الأهداف. ومن ثم فأن لكل تطبيق و لكل مرئية يكون هناك تصحيح مخصص لجعل قيم الاضاءة أفضل ما يكون.

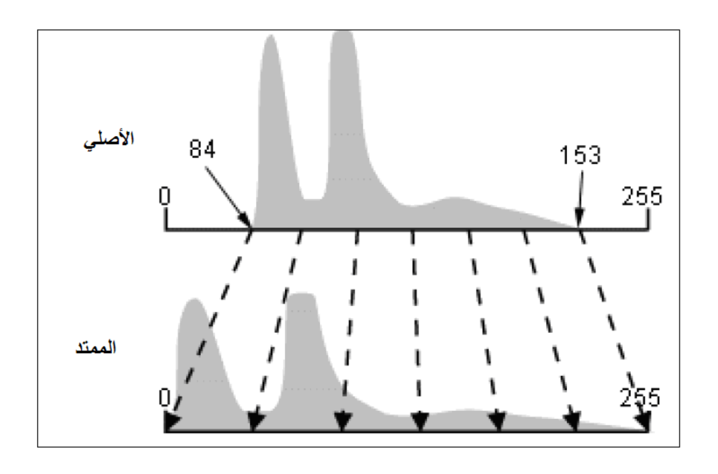
في المرئية الخام raw image فأن البيانات المفيدة تغطي جزء صغير من مجال القيم الرقمية (غالبا ٨ بت أي ٢٥٦ مستوي). يشمل تحسين التباين contrast enhancement تغيير القيم الأصلية ليمكن التعامل مع مجال أكبر ومن ثم زيادة التباين بين الأهداف و خلفياتها. ولكي نفهم تحسين التباين نبدأ أولا بمفهوم الرسم البياني للمرئية image histogram. فالرسم البياني ما هو إلا تمثيل تصويري (أو بياني) لقيم الاضاءة التي تتكون منها المرئية، حيث تكون قيم الاضاءة (أي من صفر الي ٢٥٥) ممثلة علي المحور السيني ويكون عدد مرات تكرار كل قيمة من هذه القيم ممثلا علي المحور الصادي للرسم البياني.



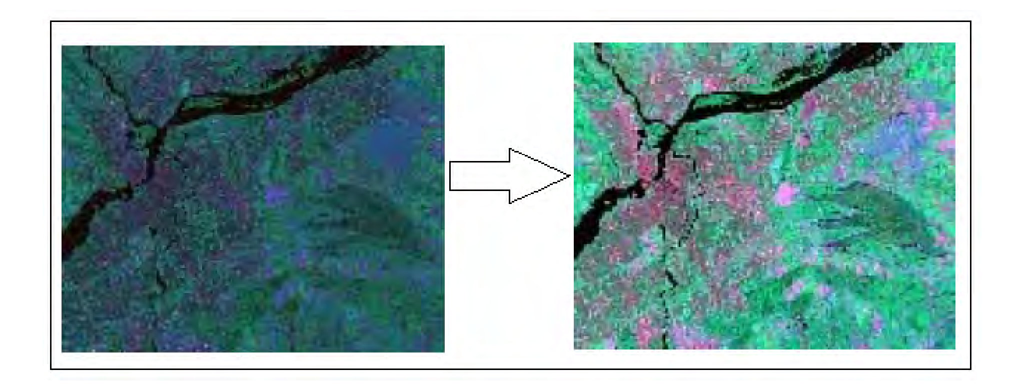
شكل (٣-١٨) الرسم البياني للمرئية

توجد عدة طرق لتحسين تباين المرئية، و سنتعرض هنا لبعضها. أبسط طرق التحسين هو طريقة الامتداد الخطي للتباين linear contrast stretch. وتشمل هذه الطريقة تحديد أقل و أعلي قيمة

للرسم البياني للمرئية ثم تطبيق تحويل معين لتمديد هذا المجال لكي يقع داخل المجال الكلي. ففي الشكل التالي فأن المجال الأصلي يتراوح بين ٨٤ و ١٥٣ (أي ٧٠ مستوي) بينما سنحوله لكي يغطي المجال الكلي ما بين الصفر و ٢٥٥. وكنتيجة لتطبيق هذا الأسلوب فأن المناطق الفاتحة علي المرئية ستبدو أفتح و المناطق الداكنة ستبدو أدكن، مما يجعل التفسير البصري للمرئية أسهل.

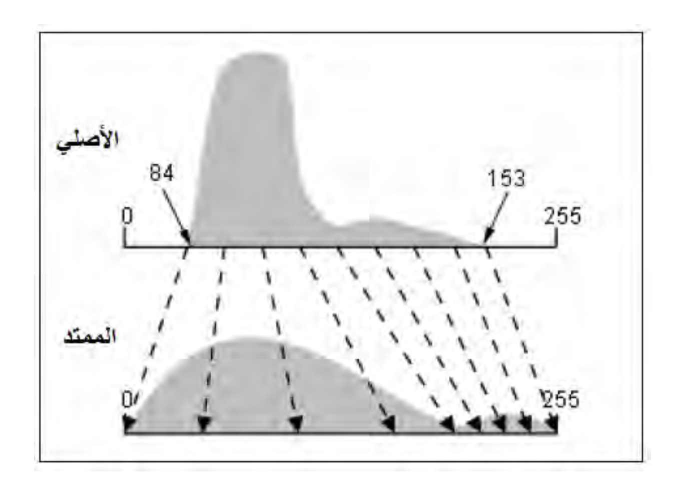


شكل (٣-١٩) طريقة الامتداد الخطي للتباين



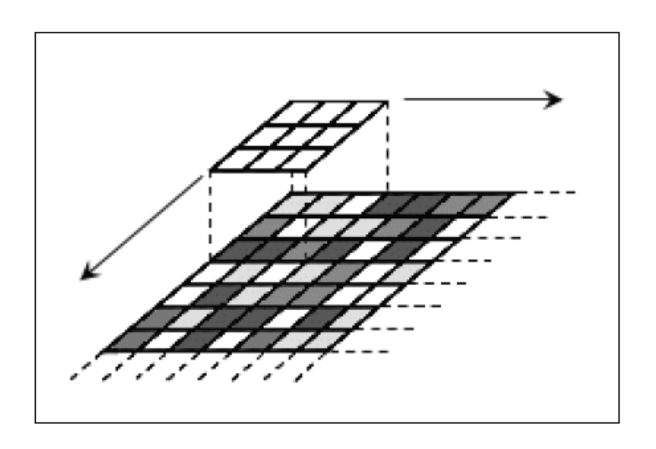
شكل (٣-٢٠) نتيجة تطبيق الامتداد الخطي للتباين

ان التوزيع المنتظم للمجال في المرئية الناتجة قد لا يكون هو أفضل طرق تحسين المرئية خاصة اذا كان المرئية الأصلية غير منتظمة التوزيع. وهنا نستخدم طريقة أخري تسمي الامتداد المتساوي البياني histogram-equalized stretch. وهنا فأن الامتداد سيعطي قيم أكثر (أي مجال أكبر) للجزء المتكرر من الرسم البياني. وبهذا الأسلوب فأن تفاصيل هذا الجزء ستكون أكثر تباينا من جزء الرسم البياني الأقل تكرارا أو حدوثا. فعلي سبيل المثال اذا كان لدينا مرئية يظهر بها جزء من نهر والمناطق المحيطة به وكانت المياه تغطي المجال الرقمي من ٤٠ الي ٧٦، فيمكننا عمل امتداد لهذا الجزء فقط لكي يغطي المجال الكلي (من صفر الي ٢٥٥) لكي يمكننا زيادة تباين المنطقة المائية فقط و تفسير ما بها من تفاصيل مثل التغير في الترسيب في قاع النهر. لكن في هذا المثال فأن جميع الخلايا التي لها قيم رقمية أقل من ٤٠ أو أكبر من ٧٦ سيتم تحديد قيم اما صفر أو ٢٥٥ علي الترتيب لها، أي أنها تفاصيل هذه المناطق ستختفي علي المرئية الجديدة.



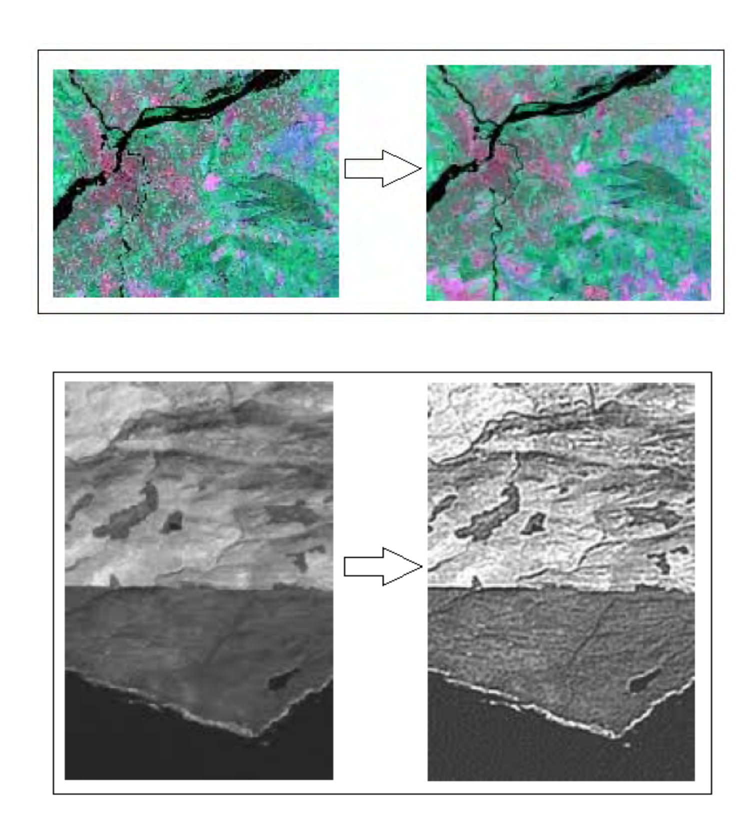
شكل (٣-٢١) طريقة الامتداد المتساوي البياني للتباين

تشمل طريقة التصفية المكانية spatial filtering وظائف أخري للمعالجة بهدف تحسين مظهر المرئية. وتعتمد هذه الطريقة علي تعظيم اظهار أهداف محددة بناءا علي ترددها المكاني spatial frequency، وهي طريقة متعلقة بمفهوم النسيج texture الذي سبق التعرض له (في الجزء ٣-٢). فمناطق النسيج الخشن علي المرئية -حيث يكون التغير في درجة اللون كبيرا وبصورة مفاجئة- يكون لها تردد مكاني عالي بينما مناطق النسيج الناعم يكون لها تردد مكاني منخفض. ومن الطرق الشائعة للتصفية المكانية امرار "نافذة" تتكون من عدد قليل من الصفوف والأعمدة (مثلا ٣×٣ أو ٥×٥) علي كل خلية أو بكسل في المرئية مع تطبيق نموذج رياضي يعتمد علي قيم الخلايا أسفل هذه النافذة. وتتحرك النافذة علي كل صف وعلي كل عمود بحيث تطبق النموذج الرياضي مرة واحدة كل مرة، وتتكرر هذه الحسابات خلية بخلية علي كل أنحاء المرئية. ونتيجة تغير الحسابات وتغير وزن كل خليه في النافذة فأن طريقة التصفية المكانية يمكنها تحسين عدة أنواع من الأهداف علي المرئية.



شكل (٣-٢٢) طريقة التصفية المكانية

من طرق التصفية المكانية طريقة الفلتر منخفض المسار low-pass filter والذي يستخدم لتعظيم و تحسين المناطق الكبيرة المتجانسة في درجة اللون وتقليل كم التفاصيل علي المرئية. أي أن هذا الفلتر غالبا ما يقوم بتنعيم مظهر المرئية، ومن أمثلة النماذج الرياضية للفلتر منخفض المسار نماذج المتوسط و الوسيط (عادة ما تستخدم في مرئيات الرادار). وعلي الجانب الاخر فأن الفلتر عالي المسار high-pass filter يهدف تعظيم مظهر تفاصيل المرئية، مثل تعظيم اظهار الطرق والتراكيب الجيولوجية خطية الشكل.



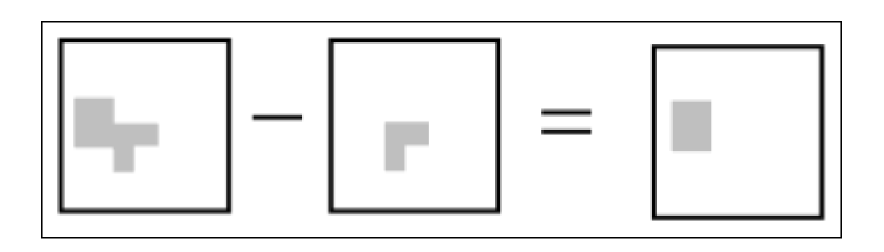
شكل (٣-٢٣) أمثلة لتطبيق طريقة التصفية المكانية

٣-٦ تحويل المرئية

عادة ما تشتمل عمليات تحويل المرئية علي وظائف ادارة النطاقات المتعددة للبيانات سواء كانت من مرئية واحدة متعددة النطاقات أو من عدة مرئيات لنفس المنطقة تن استشعارها في عدة أزمنة. وفي كلتا الحالتين فأن تحويل المرئية ينتج عنه مرئية "جديدة" تهدف للتركيز علي أهداف محددة أو خصائص هامة وإظهارها بصورة أفضل من المرئية (أو المرئيات) الأصلية.

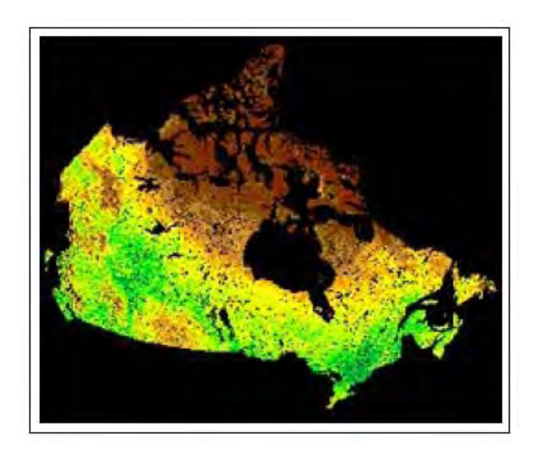
تقوم الوظائف الأساسية لتحويل المرئية بتطبيق عمليات حسابية بسيطة علي بيانات المرئية. فعلي سبيل المثال فأن طرح المرئيات image subtraction عادة ما يستخدم لبيان التغيرات التي حدثت لمرئيات متعددة التاريخ. ففي الشكل التالي يتم طرح قيمة اضاءة الخلية في المرئية الأولي من قيمة اضاءة الخلية للمرئية الثانية. وبإعادة المقياس scaling للمرئية الناتجة بإضافة قيمة ثابتة (١٢٧ في حالتنا وهي قيمة الاضاءة للون الرمادي المتوسط) الي القيم الناتجة من عملية الطرح،

فأننا علي مرئية جديدة مختلفة. ففي هذه المرئية فأن الخلايا التي لها تغير بسيط أو لا يوجد بها تغير بين المرئيتين الأصليتين سيكون لها قيمة اضاءة حول ١٢٧، بينما المناطق أو الخلايا التي لها تغير كبير سيكون لها قيم أعلي أو أقل من ١٢٧. وكأمثلة فأن هذا النوع من حالات تحويل المرئية يستخدم في اكتشاف التغيرات في التنمية العمرانية حول المدن وفي اكتشاف مناطق التصحر.



شكل (٣-٢٤) طرح مرئيتين

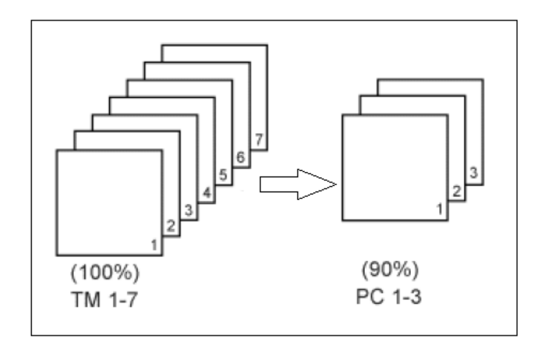
أيضا يعد قسمة المرئيات image division (ويعرف أيضا باسم التنسيب [من النسبة] الطيفي spectral rationing) من الطرق الشائعة في تحويل المرئيات، وهو يهدف الي القاء الضوء علي التغيرات الدقيقة في الاستجابة الطيفية لغطاءات السطح المختلفة. بقسمة بيانات نطاقين طيفين مختلفين فأن المرئية الناتجة تحسن التغيرات في ميول منحنيات الانعكاس الطيفي بين النطاقين المختلفين والتي قد تكون في الأساس غير ظاهرة نتيجة تغير الاضاءة أو اللمعان في كل نطاق منهما. المثال التالي يوضح هذا المفهوم: النباتات الصحية تعكس الطاقة بقوة في نطاق الاشعة تحت الحمراء القريبة وتمتص بقوة الاشعة الحمراء المرئية، بينما الاسطح الأخرى مثل الرطوبة و المياه تظهر انعكاسات متساوية تقريبا في كلا هذين النطاقين. أي أن قسمة النطاق ٧ من مرئية لاندسات MSS (نطاق الاشعة تحت الحمراء القريبة من ٠.٨ الي ١.١ ملليمتر) علي النطاق ٥ (نطاق اللون الأحمر من الضوء المرئي من ٠.٦ الي ٠.٧ ملليمتر) سينتج لنا الأقسام الأكبر من ١.٠ للنباتات و الاقسام القريبة من ١.٠ للتربة و المياه. ومن ثم فأن التمييز بين النباتات و الأسطح الأخرى سيتحسن بصورة ملموسة. أيضا فربما يكون ممكنا لدينا أن نميز بين مناطق النباتات المريضة أو غير الصحية والتي سيكون قسمها أقل من ذلك للنباتات الصحية.



شكل (٣-٢٥) مثال لقسمة نطاقين

من المميزات الأخرى للتنسيب الطيفي أننا و بسبب أننا ننظر للقيم النسبية (أي النسب ratios) بدلا من قيمها المطلقة فأن التغيرات في اضاءة المشهد بسبب التأثيرات الطبوغرافية تنقص. ومن ثم فأنه وبالرغم من أن الانعكاس المطلق لغطاء الغابات في منطقة متغيرة الميول سيعتمد علي الاتجاه لمصدر الاضاءة و هو الشمس، إلا أن نسبة الانعكاسات بين نطاقين ستكون متقاربة جدا. أما التنسيب باستخدام مجموع أو الفرق بين نطاقين من عدة مستشعرات فقد تم تطويره لمراقبة ظروف وحالة النباتات.ومن أشهر طرق تحويل المرئيات ما يعرف باسم المعامل الطبيعي الفرقي للنباتات Normalized Difference Vegetation Index (أو اختصارا NDVI) والذي يتم استخدامه لمراقبة الغطاء النباتي علي مستوي اقليمي و مستوي عالمي باستخدام مستشعر الراديومتر المتقدم عالي الوضوح جدا Advanced Very High Resolution Radiometer (اختصارا AVHRR) الموجود في سلسلة أقمار NOAA (أرجع للجزء ٢-١ من الفصل الثاني).

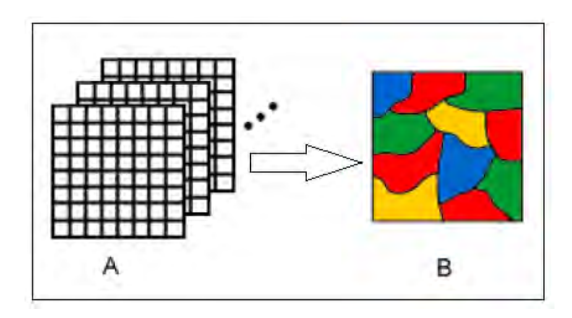
عادة ما تكون بيانات النطاقات المختلفة مرتبطة correlated (أي بينها ارتباط احصائي) ومن ثم فهي تحتوي معلومات متشابهه. فعلي سبيل المثال فأن بيانات النطاقين ٤ و ٥ لمستشعر MSS في مرئيات القمر لاندسات (أي النطاقين الأخضر و الأحمر بالترتيب) عادة ما تحتوي مظاهر بصرية متشابهه حيث أن انعكاسات نفس الأهداف عادة ما ستكون متساوية. ومن هنا فأن طرق تحويل المرئيات من الممكن استخدامها امعالجة الخصائص الاحصائية للبيانات متعددة النطاقات بهدف تقليل التكرار و الارتباط بين النطاقات. ومن هذه الطرق تحليل المركبات الرئيسية principal components analysis والذي يهدف أساسا الي تقليل عدد نطاقات هذه البيانات و ضم أكبر كم ممكن من البيانات في عدد صغير من النطاقات. ففي الشكل التالي يمكن تحويل بيانات النطاقات السبعة لمستشعر TM بحيث أن المكونات الرئيسية الثلاثة الاولي تحتوي تقريبا ٩٠% من البيانات الأصلية. وبالطبع فأن تفسير و تحليل بيانات هذه النطاقات الثلاثة (سواء بصريا أو رقميا) سيكون أبسط و أكثر كفاءة من تحليل النطاقات الأصلية السبعة.



شكل (٣-٢٦) تحليل المركبات الرئيسية

٣-٧ تصنيف و تحليل المرئيات

يهدف المحلل البشري الي تقسيم الاهداف علي المرئية باستخدام عوامل التفسير البصري (أرجع للجزء ٣-٢) لكي يقوم بتحديد مجموعات متجانسة من الخلايا أو البكسل تمثل الأهداف المختلفة أو غطاءات الأرض. ويستخدم التصنيف الرقمي للمرئيات Digital Image Classification معلومات طيفية تمثل القيم الرقمية لنطاق أو أكثر ومن ثم يحاول تقسيم كل خلية أو بكسل طبقا لهذه المعلومات الطيفية. ويسمي هذا النوع من التصنيف الرقمي باسم ادراك الأنماط الطيفية Spectral Pattern Recognition، أي أنه يهدف الي اعطاء مجموعة محددة لجميع الخلايا التي تنتمي لنمط طيفي معين علي المرئية (مياه، غابات، قمح، ذرة ...الخ). ومن هنا فأن المرئية المصنفة تتكون من موزايك من الخلايا كلا منها تمثل موضوع theme معين ولذلك فهي تمثل خريطة موضوعية thematic map من المرئية الأصلية.

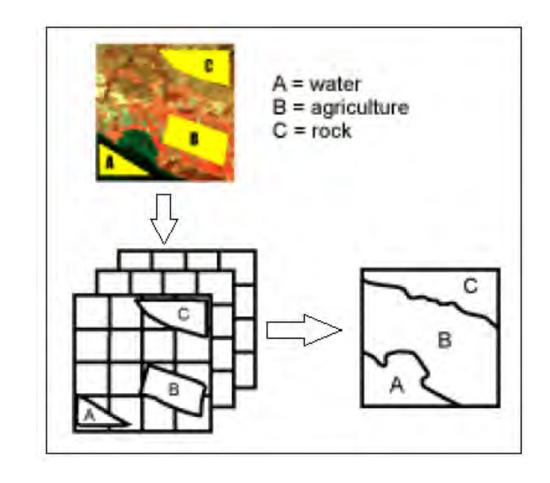


شكل (٣-٢٧) تصنيف المرئيات

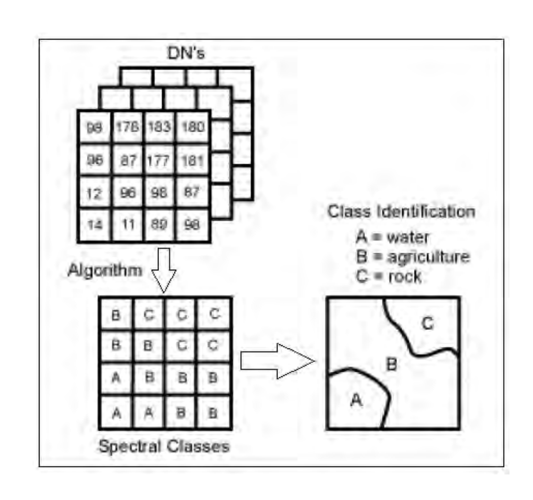
عندما نتحدث عن الفئات أو المجموعات فيجب أن نفرق بين أصناف أو طبقات المعلومات information classes و الأصناف أو الطبقات الطيفية spectral classes. فطبقات المعلومات هي الفئات التي يهدف التحليل الي تحديدها علي المرئية مثل أنواع المحاصيل المختلفة والأنواع المختلفة من الأشجار وأنواع الصخور المختلفة ... الخ. أما الطبقات الطيفية فهي مجموعات من الخلايا المتجانسة (أو القريبة) بالنسبة لدرجات الاضاءة في القنوات الطيفية المختلفة للبيانات. والهدف هنا هو المزاوجة أو الملائمة بين الطبقات الطيفية لبيانات المرئية و طبقات المعلومات المطلوبة. ومن الصعب أن يوجد ملائمة دقيقة كاملة بين طبقتين محددتين. فقد توجد طبقة معلومات واسعة (مثل الغابات) تتكون من عدة طبقات طيفية فرعية spectral sub-classes. ففي مثالنا هذا فأن الطبقات الطيفية الفرعية قد تعود الي التغير في العمر و الكثافة والنوع و الشكل. ومن هنا فيكون هدف المحلل أن يقرر كيف يزاوج ما بين الطبقات أو الفئات الطيفية وطبقات المعلومات.

يمكن تقسيم أنواع التصنيف الي مجموعتين رئيسيتين وهما التصنيف المراقب supervised classification و التصنيف غير المراقب unsupervised classification. ففي التصنيف المراقب يقوم المفسر بتحديد عينات متجانسة (علي المرئية) لأنواع الغطاءات أو طبقات المعلومات المنشودة. ويطلق علي هذه العينات اسم منطقة التدريب training areas. ويكون اختيار منطقة التدريب قائما علي معرفة المفسر بالمنطقة الجغرافية لهذه المرئية ومعلوماته عن الغطاءات الأرضية الظاهرة علي المرئية. ومن هنا فأن المفسر يقوم بمراقبة supervise عملية

تقسيم أو تصنيف الطبقات. ثم يتم استخدام المعلومات لكافة النطاقات في هذه المنطقة "لتدريب" الكمبيوتر علي كيفية تمييز المناطق المتشابهه لكل مجموعة أو فئة. ومن هنا فيقوم الكمبيوتر من خلال برامج معينة متخصصة لتحديد البصمة الرقمية numerical signature لكل منطقة تدريب، ثم يقوم بتحديد أي فئة (من فئات هذه البصمة) أقرب لكل خلية أو بكسل علي المرئية. أي أننا في التصنيف المراقب نقوم أولا بتحديد طبقات المعلومات التي يتم استخدامها لاحقا لتحديد الطبقات الطيفية التي تمثلها.



شكل (٣-٢٨) التصنيف المراقب

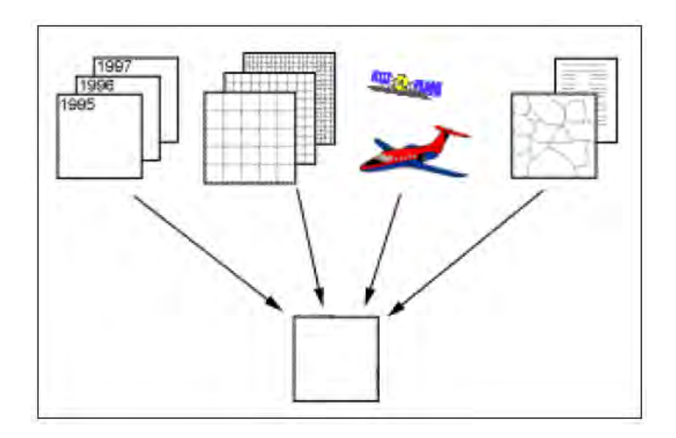


شكل (٣-٢٩) التصنيف غير المراقب

أما التصنيف غير المراقب فهو عكس التصنيف المراقب من حيث أن الطبقات الطيفية يتم تجميعها أولا طبقا لمعلومات المرئيات فقط ثم لاحقا يتم ملائمتها أو مزاوجتها لطبقات المعلومات. وتستخدم برامج كمبيوتر تسمي برامج أو طرق التجميع clustering algorithms لتحديد المجموعات الرقمية (أو الاحصائية) في البيانات. وعادة ما يحدد المفسر عدد المجموعات التي سيتم البحث عنها أو تصنيفها، وقد يحدد أيضا الحدود الفاصلة بين هذه المجموعات والتغير داخل كل مجموعة. ويكون المنتج النهائي لهذه العملية التكرارية هو مجموعة من المجموعات أو الطبقات التي قد يرغب المفسر في دمجها معا أو مجموعة من الطبقات التي يرغب في تقسيمها الي طبقات فرعية لاحقا (من خلال تطبيق برنامج التجميع مرة أخري). ومن ثم فأن التصنيف غير المراقب لا ينتهي بدون تدخل بشري، لكنه في نفس الوقت لا يبدأ بمعرفة تقسيم مبدئي للبيانات كما في حالة التصنيف المراقب.

٣-٨ دمج و تكامل و تحليل البيانات

في الأيام الاولي للاستشعار عن بعد التناظري (عندما كان مصدر البيانات الوحيد هو التصوير الجوي) كان دمج و تكامل البيانات من المصادر المتعددة صعبا. بينما في وقتنا المعاصر فأن معظم البيانات تكون في صورة رقمية ومن عدة مستشعرات مما يجعل دمج البيانات طريقة معتادة للتفسير و التحليل. يشمل دمج و تكامل البيانات Data integration دمج عدة أنواع من البيانات مختلفة المصادر في محاولة لاستخراج معلومات جديدة أو معلومات أفضل. وقد يشمل الدمج بيانات تكون في طبيعتها متعددة النطاقات و متعددة الفترة الزمنية و متعددة الوضوح المكاني و متعددة المستشعرات.

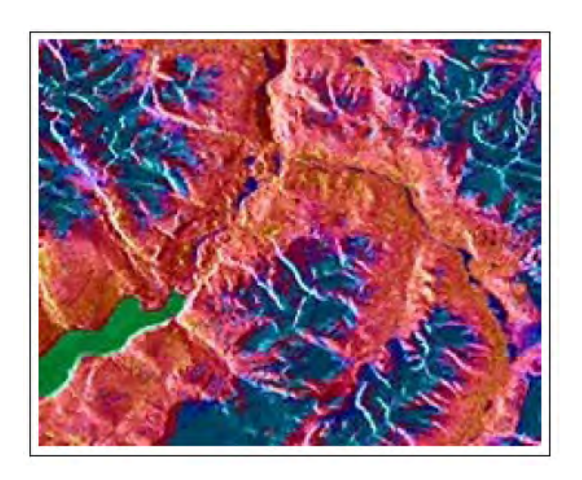


شكل (٣-٣٠) دمج و تكامل البيانات

سبق التعرض لدمج البيانات متعددة التاريخ في الجزء ٣-٦ عندما شرحنا طرح المرئيات. ان المرئيات المستشعرة في تواريخ مختلفة multi-temporal images يمكن تطبيقها لبيان التغيرات الزمنية من خلال طرق بسيطة مثل طرح البيانات أو من خلال طرق أكثر تعقيدا مثل المقارنات المتعددة لتصنيفات مختلفة. أيضا فأن دمج و تكامل المرئيات متعددة الوضوح المكاني multi-resolution images يكون مفيدا في عدد من التطبيقات. فدمج بيانات عالية الوضوح المكاني مع بيانات منخفضة الوضوح يزيد بدرجة ملحوظة من وضوح التفاصيل المكانية مما يزيد من القدرة علي تمييز الأهداف. وتعد بيانات القمر سبوت مناسبة لمثل هذا التطبيق حيث يتم دمج البيانات أحادية النطاق أو الأبيض و أسود panchromatic ذات الوضوح المكاني ١٠ أمتار مع البيانات متعددة النطاقات ذات الوضوح المكاني ٢٠ متر. فهنا فأن البيانات متعددة النطاق تؤمن الوضوح الطيفي الجيد بينما البيانات أحادية النطاق تؤمن وضوحا مكانيا أفضل.

شكل (٣-٣١) دمج البيانات متعددة الوضوح المكاني

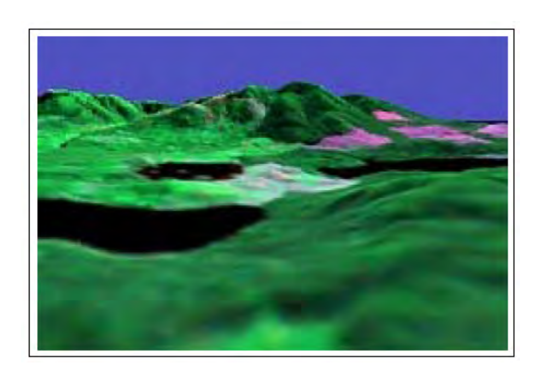
أيضا يمكن دمج بيانات من عدة مستشعرات، ومن أمثلة هذا التطبيق دمج بيانات بصرية متعددة النطاقات مع بيانات مرئيات الرادار. فهذين المصدرين من مصادر البيانات يقدمان لنا كما هائلا من البيانات عن السطح، فالبيانات البصرية تؤمن لنا معلومات طيفية تفصيلية تفيدنا في التمييز بين أنواع غطاءات السطح بينما المرئيات ارادارية تركز علي التفاصيل التركيبية في المرئية.



شكل (٣-٣٢) دمج مرئيات استشعار بصرية و مرئيات رادارية

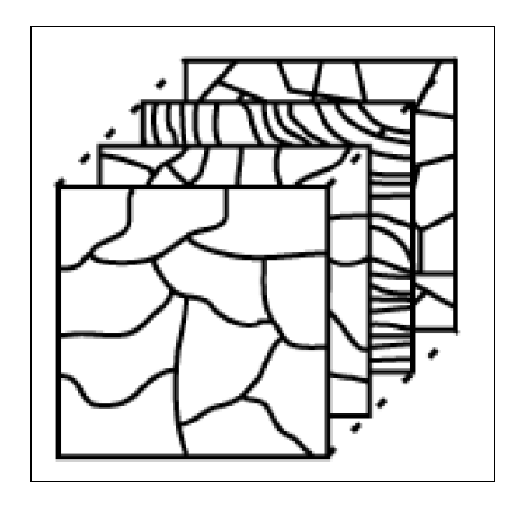
يتطلب دمج بيانات متعددة المصادر أن تكون هذه البيانات مسجلة هندسيا (أي مرجعة جغرافية) سواء بتسجيل كل مصدر الي المصادر الأخرى أو بتسجيلهم الي نظام احداثيات جغرافية واحد أو الي خريطة أساس base map. أيضا يمكن دمج مصادر أخري من البيانات مع بيانات الاستشعار عن بعد. فعلي سبيل المثال يمكن دمج بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية Digital Elevation Models (أو اختصارا DEM) أو نماذج التضاريس الرقمية Digital Terrain Models (أو اختصارا DTM) مع بيانات المرئيات ليخدم هذا الدمج عدة تطبيقات. فنماذج الارتفاعات الرقمية قد تكون مفيدة في عمليات تصنيف المرئية حيث يمكن تصحيح تغيرات التضاريس و الميول باستخدام هذه النماذج مما يزيد من دقة تصنيف المرئية. أيضا فأن نماذج

الارتفاعات و التضاريس الرقمية تكون مفيدة في تطوير المشاهد ثلاثية الأبعاد (المجسمات) من خلال اسقاط مرئية الاستشعار عن بعد علي بيانات الارتفاعات لتحسين رؤية المنطقة الجغرافية بصورة مجسمة.



شكل (٣-٣٣) دمج بيانات الاستشعار مع نماذج الارتفاعات الرقمية

يعد دمج بيانات متعددة الأنواع و من مصادر مختلفة هو ذروة تحليل البيانات. ففي بيئة رقمية حيث تكون كافة البيانات مرجعة هندسيا (أو جغرافيا) فأن امكانيات استخراج و استنباط المعلومات تكون أعلي بكثير. وهذا المفهوم هو أساس التحليل في بيئة نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems (أو اختصارا GIS). فأي نوع معلومات يمكن ارجاعه هندسيا/جغرافيا يمكن من ثم وضعه داخل هذا الاطار الرقمي/ كما في مثال بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية. وكمثال اخر فيمكن دمج الخرائط الرقمية للتربة و غطاءات الأرض و شبكات الطرق و المواصلات ... الخ طبقا للهدف المنشود. أيضا فأن نتائج تصنيف مرئية فضائية يمكن أن يستخدم لاحقا كمصدر جديد داخل نظام المعلومات الجغرافية ومن ثم يمكن تحديث الخرائط الموجودة بالفعل. وكقاعدة عامة فأنه كلما زادت البيانات أثناء التحليل تحسنت النتائج وزادت دقتها بدرجة أكثر كثيرا من استخدام مصدر واحد للبيانات.



شكل (٣-٣٤) مفهوم تعدد أنواع البيانات داخل نظم المعلومات الجغرافية

٣-٩ أسئلة و أجوبة لموضوعات هذا الفصل:

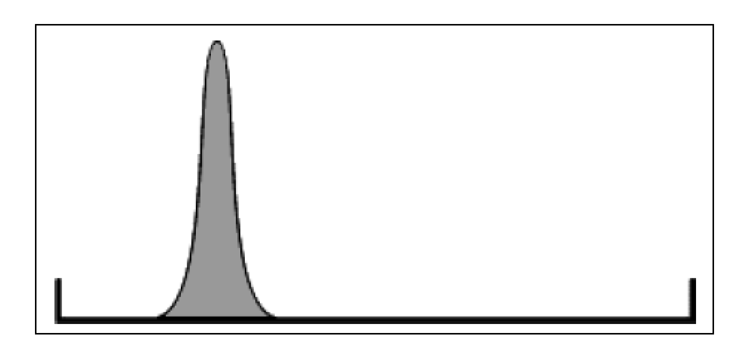
س ١: في الصورة الجوية التالية قم بتحديد الأهداف التالية باستخدام عناصر التفسير البصري السابق شرحها: مضمار سباق، نهر، طرق، كباري، منطقة سكنية، سد:



س ٢: تحتل خلية أو بكسل من نوع ٨ بت علي القرص الصلب للكمبيوتر بايت byte واحد. والكيلوبايت (Kb) kilobyte الواحد يساوي ١٠٢٤ بايت، بينما الميجابايت Megabyte (Mb) يساوي ١٠٢٤ كيلوبايت. أحسب عدد الميجابايت المطلوب اتخزين مرئية لاندسات من نوع TM (٧ نطاقات) والتي يبلغ حجمها ٦٠٠٠×٦٠٠٠ سطر؟.

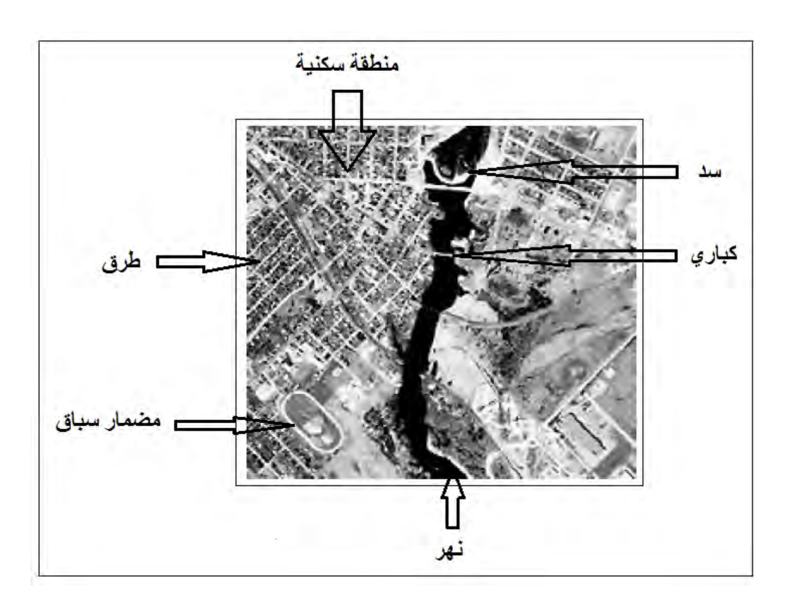
س ٣: ما مميزات التصحيح الهندسي للمرئية وإرجاعها الي نظام احداثيات جغرافية قبل البدء في التفسير و التحليل؟

س ٤: نريد عمل تحليل لمرئية فضائية لكن بالنظر الي الرسم البياني لها histogram لاحظنا أن مجال البيانات المفيدة صغير للغاية. كيف يمكنك تحسين هذه المرئية باستخدام طريقة الامتداد الخطي للتباين linear contrast stretch قبل محاولة تصنيفها؟.



ج ١:

- مضمار السبق موجود في الطرف العلوي علي اليسار ويمكن بسهوله تحديده باستخدام عنصر الشكل.
- يمكن بسهوله تحديد النهر باستخدام خاصية التباين ما بينه و بين الأهداف المحيطة به، وأيضا باستخدام خاصية الشكل.
- أما الطرق فتبدو واضحة علي الصورة من خلال شكلها (مستقيمة في معظم الأحوال) وأيضا بسبب درجة لونها اللامعة بالمقارنة بما حولها من أهداف أغمق.
- الكباري يسهل تحديدها بناءا علي شكلها و درجة لونها وخاصية التواجد مع النهر الذي تعبره.
- المناطق السكنية في يسار الصورة والجزء العلوي منها أيضا يمكن تمييزها من خلال خاصية النمط. أيضا يمكن تمييز المساكن و المباني الأخرى من خلال درجات اللون الغامقة و الفاتحة.
- يوجد السد في منتصف الجزء العلوي من الصورة ويمكن تمييزه من خلال تباين لونه مع اللون الغامق للنهر و أيضا من خلال شكله وخاصية التواجد مع النهر.



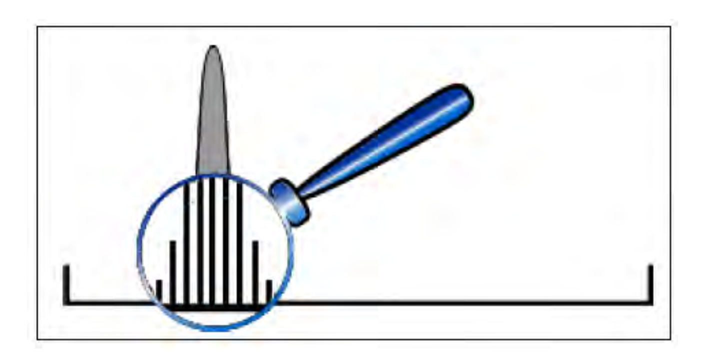
ج ٢:

- اذا كان لدينا ٧ نطاقات كلا منها ٦٠٠٠×٦٠٠٠ سطر ونعرف أن الخلية الواحدة تأخذ بايت واحد علي القرص الصلب، فأنه يكون لدينا:
- ٧ × ٦٠٠٠ × ٦٠٠٠ = ٢٥٢،٠٠٠،٠٠٠ بايت
- ولنحول هذا الرقم الي كيلوبايت سنقسم علي ١٠٢٤ ، ثم لنحول الناتج الي ميجا بايت سنقسم علي ١٠٢٤ مرة أخري:
- ٢٥٢،٠٠٠،٠٠٠ ÷ (١٠٢٤ × ١٠٢٤) = ٢٤٠.٣٣ ميجابايت.

أي أننا سنحتاج لمساحة أكبر من ٢٤٠ ميجابايت علي القرص الصلب لتخزين مرئية TM واحدة فقط. أما لتحليل هذه المرئية فسنحتاج لمساحة أكبر و لخصائص كمبيوتر أكبر، وهذا فقط مثال لما تقدمه لنا أجهزة الكمبيوتر عندما نتعامل مع بيانات الاستشعار عن بعد في عصرنا الحالي.

ج ٣: تشمل مميزات التصحيح الهندسي للمرئية وإرجاعها الي نظام احداثيات جغرافية (قبل البدء في تفسيرها و تحليلها) أنه يتيح لنا القياسات الصحيحة للمسافات و المساحات للأهداف علي المرئية. وهذا قد يكون هاما في العديد من التطبيقات التي تعتمد علي القياسات مثل تطبيقات التخطيط العمراني علي سبيل المثال. أيضا فأن الاحداثيات الجغرافية لأهداف المرئية تصبح متاحة و يمكن تحديدها. هذا بالإضافة الي أن أي مصدر بيانات مرجع هندسيا/جغرافيا يمكن دمجه بيانات أخري في بيئة رقمية مما يتيح تحليلا أكثر دقة.

ج ٤: يفيد تحسين المرئية باستخدام الكمبيوتر في تمييز الفروق بين درجات اللمعان المختلفة حتى وان كان مجالها قليل:



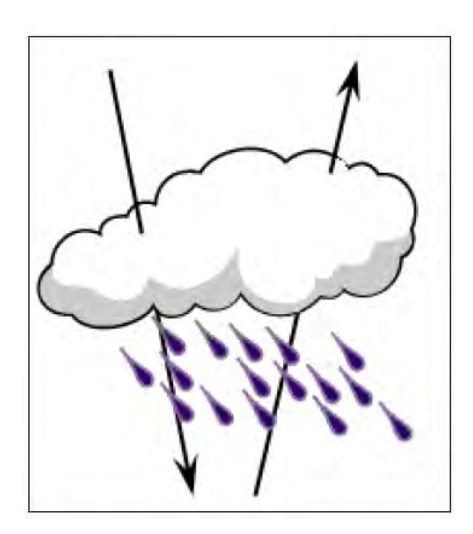
ومن ثم فأن المرئية بعد تحسينها قد تستخدم في اختيار منطقة التدريب لإتمام عملية التصنيف.

الفصل الرابع

الاستشعار عن بعد بالموجات القصيرة

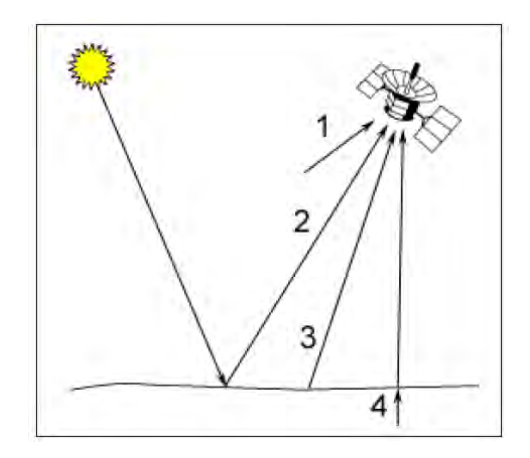
٤-١ مقدمة

يشمل الاستشعار عن بعد بالموجات القصيرة أو المايكروويف microwave remote sensing استشعار موجبا و سالبا. وكما سبق الشرح في الفصل السابق فأن جزء المايكروويف من النطاق الطيفي يغطي مجال أطوال موجات يتراوح بين ١ سنتيمتر الي ١ متر تقريبا. وبسبب هذا الطول الكبير من الموجات (مقارنة بالضوء المرئي و الاشعة تحت الحمراء) فأن للمايكروويف خصائص هامة للاستشعار عن بعد. فالإشعاع طويل الموجة يمكنه اختراق غطاء السحب و ذرات التراب و الغبار والمطر حيث أن أشعة المايكروويف لا تتأثر بالتشتت في الغلاف الجوي الذي يؤثر علي أطوال الموجات القصيرة. وهذه الخاصية تمكننا من تحسس و اكتشاف طاقة المايكروويف تحت أية ظروف مناخية و بيئية، أي يمكننا تجميع البيانات في أي وقت.



شكل (٤-١) المايكروويف لا تتأثر بالظروف المناخية

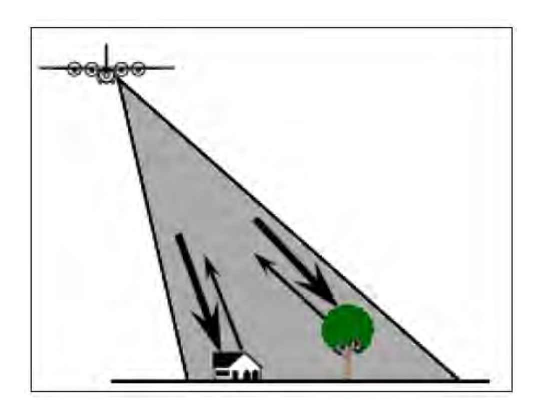
الاستشعار السالب بالمايكروويف يشبه مبدأ الاستشعار بالأشعة تحت الحمراء الحرارية، فكل الأهداف تبث طاقة مايكروويف لكن بكميات قليلة بصفة عامة. فمستشعر المايكروويف السالب يقوم بتحسس طاقة المايكروويف الطبيعية المنبعثة في مجال رؤيته. وهذه الطاقة المنبعثة تتعلق بخصائص درجة الحرارة و الرطوبة للأهداف أو السطوح التي تنبعث منها. وعادة ما تكون مستشعرات المايكروويف السالبة راديومتر أو ماسحات تعمل بنفس الطريقة التي تعرضنا لها في الفصل السابق ما عدا وجود أنتنا (أو طبق استقبال) تستخدم لتحسس و تسجيل طاقة المايكروويف. ويمكن أن تكون طاقة المايكروويف المستشعرة بمستشعر سالب اما (١) منبعثة من الغلاف الجوي أو (٢) منعكسة من أسطح أو (٣) منبعثة من أسطح أو (٤) منتقلة من أسطح أخري subsurface.



شكل (٤-٢) مصادر استشعار المايكروويف السالب

تشمل تطبيقات الاستشعار عن بعد السالب بالمايكروويف الارصاد المناخية و الهيدرولوجيا و دراسات المحيطات. فمن الممكن استخدام المايكروويف لقياس مكونات الغلاف الجوي مثل محتوي بخار الماء و محتوي الاوزون. أيضا يمكن لأخصائي الهيدرولوجيا استخدام المايكروويف السالب لقياس رطوبة التربة حيث أن المايكروويف المنبعث من التربة يتأثر بمحتوي الرطوبة. أما تطبيقات المحيطات فتشمل عمل خرائط ثلوج البحار و التيارات البحرية و الرياح السطحية بالإضافة لدراسة التلوث مثل تسرب الزيت و البترول.

يعتمد الاستشعار عن بعد الموجب بالمايكروويف علي تمتع المستشعر بمصدر خاص به للأشعة القصيرة يمكنه من اضاءة الأهداف المستشعرة. وبصفة عامة يمكن تقسيم مستشعرات المايكروويف الموجبة الي قسمين رئيسين: مستشعرات للمرئيات imaging ومستشعرات لغير المرئيات non-imaging. ويعد الرادار RADAR (اختصار التحسس وقياس المسافات بالراديو RAdio Detection And Ranging) الطريقة الشائعة لمستشعرات المرئيات. فمستشعر الرادار يطلق موجات قصيرة (راديو) الي الأهداف ثم يتحسس ويستشعر الطاقة المنعكسة مرة أخري. وبقياس قوة الاشارة المنعكسة فيمكن التمييز بين عدة أنواع من الأهداف بقياس فرق الزمن بين الاشعة الصادرة و المنعكسة يمكن قياس المسافات الي هذه الأهداف.



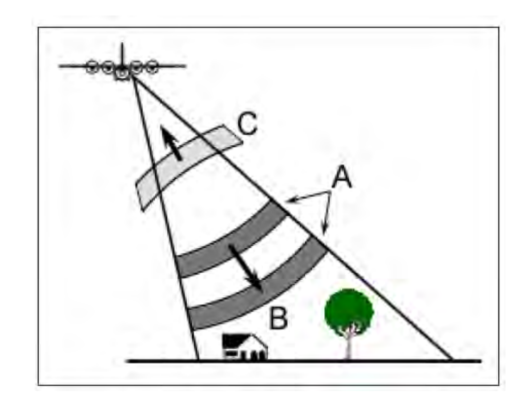
شكل (٤-٣) مبدأ الرادار في الاستشعار الموجب بالمايكروويف

تشمل مستشعرات غير المرئيات أنواع الألتيمتر altimeters و السكاتروميتر scatterometers. وفي معظم الأحيان توجد أجهزة مقطعية تقوم بعمل قياسات أحادية البعد (مقارنة بالقياسات نائية الأبعاد التي تقوم بها مستشعرات المرئيات). فأجهزة ألتيمتر الرادار تبث موجات مايكروويف وتقيس فرق الزمن (ما بين زمن الارسال و زمن الاستقبال) لهذه الموجات ليمكنها حساب المسافة بين الهدف و المستشعر. وعادة ما تكون هذه الأجهزة موجهه لأسفل المنصة (أي الي نقطة النّدير) ومن ثم فهي تقيس الارتفاعات بمعلومية ارتفاع المنصة ذاتها. ويتم استخدام ألتيمتر الرادار في تطوير الخرائط الطبوغرافية وقياس ارتفاعات سطح البحر. أما أجهزة السكاتروميتر فتستخدم لعمل قياسات كمية دقيقة لكمية الطاقة المتشتتة من الأهداف. وهذه الطاقة المتشتتة تعتمد علي خصائص السطوح (الخشونة) وعلي زاوية سقوط أشعة الرادار الي الأهداف. ويمكن استخدام قياسات الطاقة المتشتتة علي سطوح المحيطات لتقدير سرعات الرياح. أما الطاقة المتشتتة من الأرض فتستخدم لمعرفة خصائص و التمييز بين الأنواع المتعددة للأهداف والسطوح.

في هذا الفصل سيتم التركيز علي مستشعرات الرادار للمرئيات imaging radars والتي تتمتع بقدرتها علي اختراق السحب و العمل في كل الظروف المناخية. لكن سنبدأ بإلقاء الضوء علي أصل و تاريخ رادار المرئيات. تعود فكرة استخدام موجات المايكروويف وانعكاسها من الأهداف الي العالم Hertz في عام ١٨٨٦. ومع بداية القرن العشرين تم تطوير أول جهاز رادار لاكتشاف السفن. وفي العشرينات و الثلاثينات من نفس القرن تم التوصل الي أجهزة الرادار الأرضية لاكتشاف الأهداف من بعد. وفي الحرب العالمية الثانية تم تطبيق رادار المرئيات لاكتشاف الطائرات و السفن. ثم تلا ذلك تطوير ما يعرف بالرادار الجوي الجانبي side-looking airborne radar(أو اختصارا SLAR) للتطبيقات العسكرية و الاستكشاف. وفي الستينات من القرن العشرين تم ابتكار رادار المنفذ الاصطناعي Synthetic Aperture Radar (أو اختصارا SAR) ايضا للتطبيقات العسكرية. وبعد ذلك بدأ استخدام هذه الأجهزة للتطبيقات و المشروعات المدنية سواء الأجهزة المحمولة جوا أو الأجهزة الفضائية.

٤-٢ أساسيات الرادار

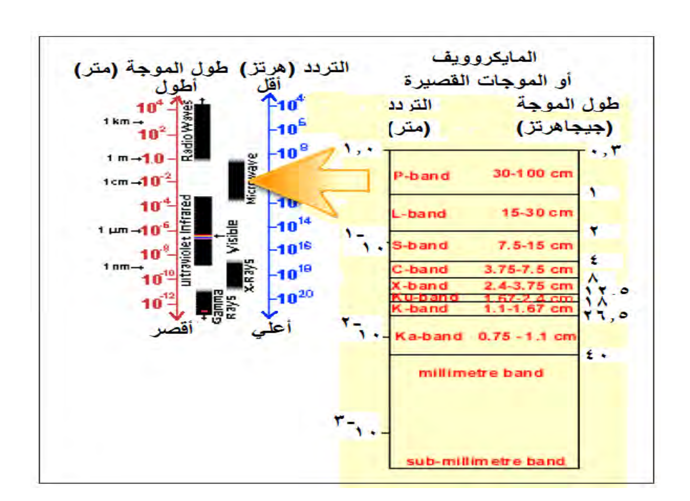
الرادار ما هو إلا جهاز لقياس المسافات يتكون من جهاز بث transmitter و جهاز استقبال receiver وطبق استقبال أو أنتنا antenna ونظام الكتروني لمعالجة و تسجيل البيانات. يقوم جهاز البث بتوليد نبضات متتالية من المايكروويف (A) بفترات منتظمة تتركز من خلال طبق الاستقبال الي حزمة (B). وتضئ حزمة الرادار الأهداف بزاوية قائمة علي اتجاه حركة المنصة. وتقوم الأنتنا باستقبال جزء من الطاقة المنعكسة (أو المتشتتة) من الأهداف المختلفة (C). وبقياس فرق الزمن (بين زمن ارسال النبضات و زمن استقبال المنعكس منها) يمكن حساب المسافات بين الرادار و هذه الأهداف. وكلما تحرك الرادار للأمام فأن تسجيل و معالجة البيانات المنعكسة يمكننا من تطوير مرئية ثنائية الأبعاد لسطح الأرض.



شكل (٤-٤) مكونات الرادار

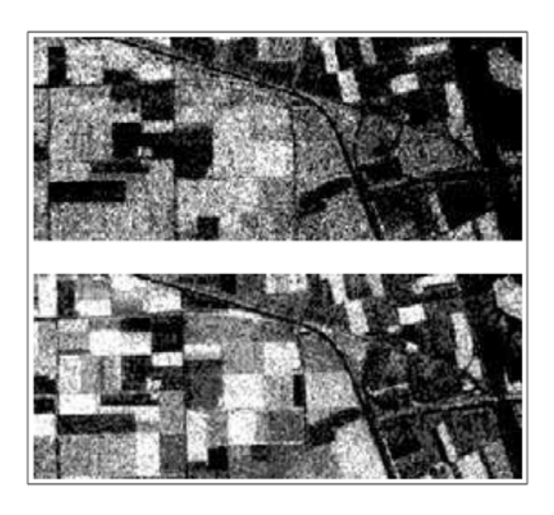
يكون جزء المايكروويف من الطيف الكهرومغناطيسي واسعا للغاية بالمقارنة لجزء الضوء المرئي و الأشعة تحت الحمراء، وفي هذا المجال يوجد عدة مناطق أو فترات (نطاقات) تم اطلاق بعض الحروف عليها أثناء الحرب العالمية الثانية و مازالت هذه الأسماء مستخدمة حتى الان:

- نطاقات K, Ka, Ku: أطوال موجات قصيرة جدا استخدمت في بدايات الرادار الجوي لكنها لم تعد مستخدمة الان.
- نطاق X: يستخدم بكثافة في نظم الرادار الجوي للاستخدامات العسكرية و الاستكشاف و التجسس وأيضا لخرائط التضاريس.
- نطاق C: شائع الاستخدام في النظم البحثية الجوية (مثل تقنيات CCRS, Convair-580, NASA AirSAR) وأيضا في النظم الفضائية (مثل ERS-1, ERS-2, RADARSAT).
- نطاق S: مستخدم علي متن القمر الصناعي الروسي ALMAZ.
- نطاق L: مستخدم علي متن القمر الصناعي الأمريكي SEASAT والقمر الصناعي الياباني JERS-1 وأيضا في التطبيقات الجوية لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا.
- نطاق P: أطول موجات الرادار ومستخدم في نظم الرادار الجوي لوكالة ناسا.



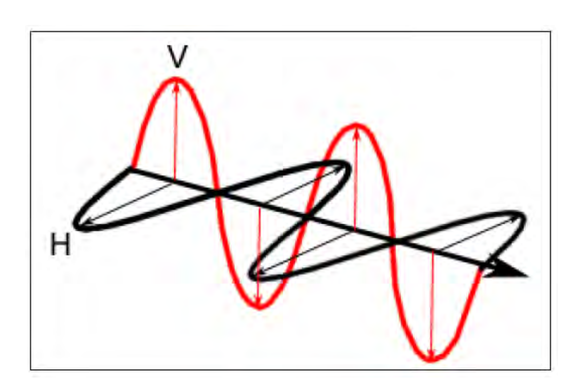
شكل (٤-٥) نطاقات الموجات القصيرة أو المايكروويف

الشكل التالي يضم مرئيتين راداريتين لنفس البقعة (منطقة زراعية) لكن كلا منهما تمت باستخدام بيانات من نطاق من نطاقات الرادار. المرئية العليا استخدم فيها نطاق الرادار C بينما تم استخدام النطاق L في المرئية السفلي. وبسهولة يمكن اكتشاف الفروق الجوهرية بين هاتين المرئيتين مما يؤكد الاختلافات بين طريقة تفاعل الأهداف (الحقول الزراعية في هذا المثال) بين نطاقين مختلفين من المايكروويف.



شكل (٤-٦) مرئيتين للرادار لنفس المنطقة

عند الحديث عن طاقة المايكروويف فأن قطبية polarization الاشعاع تعد هامة أيضا. القطبية هي الاتجاه الذي يأخذه المجال الكهربائي (تذكر أن الطاقة تتكون من مجالين: كهربائي و مغناطيسي كما سبق الاشارة في الفصل الأول). ويتم تصميم معظم نظم الرادار بحيث ترسل الاشعاع قصير الموجة ليكون اما أفقي القطبية (H) أو رأسي القطبية (V). ومن ثم فأن طبق الاستقبال أو الأنتنا اما أن تستقبل الاشعة المنعكسة أفقيا أو رأسيا (بعض أجهزة الرادار يمكنها استقبال كلا النوعين).

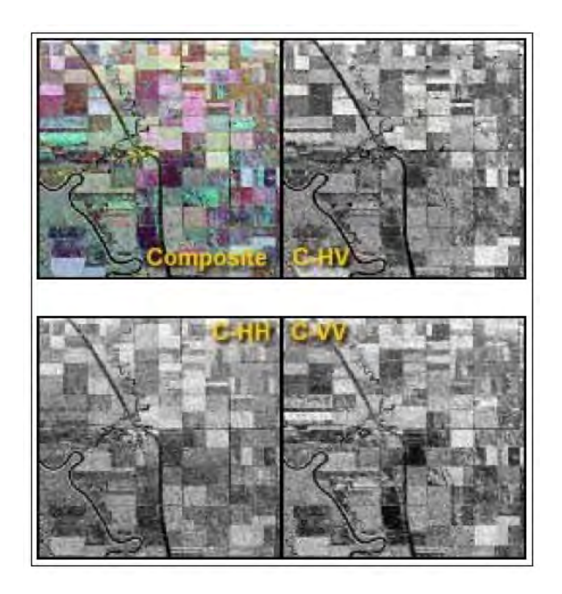


شكل (٤-٧) قطبية المجال الكهربائي

ومن ثم فهناك عدة بدائل أو حالات لقطبية الارسال و الانعكاس:

- HH : ارسال أفقي و استقبال أفقي.
- VV : ارسال رأسي و استقبال رأسي.
- HV : ارسال أفقي و استقبال رأسي.
- VH : ارسال رأسي و استقبال أفقي.

يطلق علي النوعين الأوليين مصطلح القطبية المتشابهه like-polarized بسبب أن الارسال و الاستقبال لهما نفس نوع القطبية، بينما النوعين الأخيرين يكونا قطبية متعامدة cross-polarized حيث أن كلا من الارسال و الاستقبال عكس الاخر. وفي الشكل التالي بعض مرئيات النطاق C لمنطقة زراعية يوضحوا اختلاف استجابة الرادار اعتمادا علي اختلاف نوع القطبية. فالمرئيتين السفليتين من نوع القطبية المتشابهة (نوعي HH و VV علي الترتيب) بينما الصورة العليا اليمني من نوع القطبية المتعامدة (HV). أما الصورة العليا اليسري فتظهر نتيجة عرض المرئيات الثلاثة معا (مرئية في كل لون من الألوان الرئيسية الأحمر و الأخضر و الأزرق). وطبقا للاختلاف في أطوال الموجات ونوع قطبية الارسال و الاستقبال فأن الاشعاع يتفاعل مع الأهداف و يتشتت من السطوح بطرق مختلفة. أي أن طول الموجة و نوع القطبية يؤثران علي كيفية "رؤية" الرادار للسطوح. ومن ثم فأن مرئيات الرادار المجموعة من خلال قطبيات مختلفة و أطوال موجات مختلفة تمدنا بمعلومات مختلفة عن طبيعة الأهداف علي سطح الأرض.

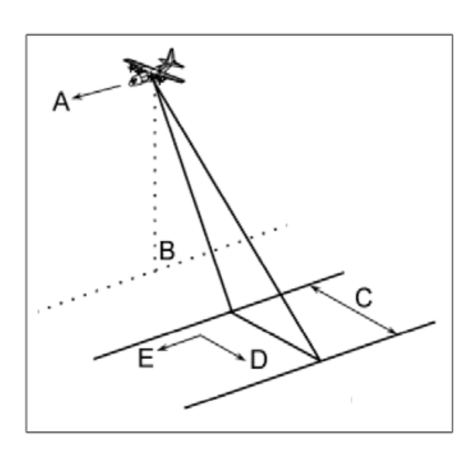


شكل (٤-٨) مرئيات رادار من النطاق C

٤-٣ هندسة الرؤية و الوضوح المكاني

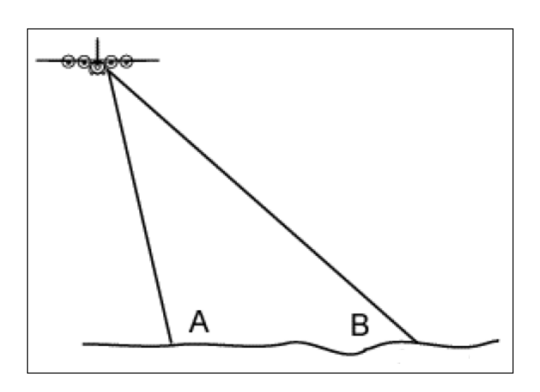
تختلف هندسة الرؤية في نظام الرادار عن تلك في نظم المسح المطبقة في الاستشعار عن بعد البصري (المشروحة في الفصل السابق). يوجد تشابه مع النظم البصرية في أن المنصة تتحرك للأمام في خط الطيران flight direction (A) مع وجود نقطة ندير (B) أسفل المنصة مباشرة. ويتم بث حزمة الموجات القصيرة بزاوية مائلة بحيث أن المسار swath (C) يكون منزاحا عن

النديرِ. أما المدي (D) Range فهو البعد العمودي علي اتجاه الطيران، والانحراف azimuth (E) هو البعد مع المسار أي الموازي لاتجاه الطيران. وهذا التركيب الهندسي للرؤية هو النموذجي لنظم رادار المرئيات سواء كانت جوية أو فضائية.



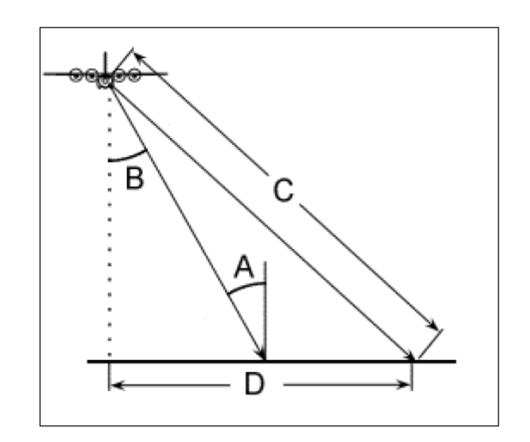
شكل (٤-٩) التركيب الهندسي للرؤية في نظم الرادار

ويطلق اسم المدي القريب near range علي جزء المسار (A) القريب من نقطة النديرِ، بينما يطلق اسم المدي البعيد far range علي جزء المسار (B) البعيد عن نقطة النديرِ:



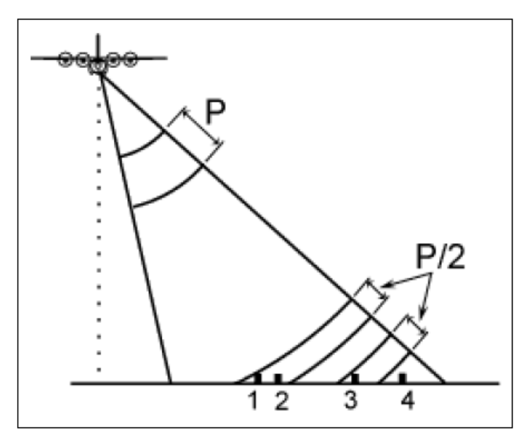
شكل (٤-١٠) المدي القريب و المدي البعيد في مسار الرادار

تسمي الزاوية (A) ما بين حزمة الرادار وسطح الأرض بزاوية السقوط incidence angle، وتزيد كلما اتجهنا علي المسار من المدي القريب الي المدي البعيد. أما زاوية النظر look angle (B) فهي الزاوية التي "ينظر" بها الرادار الي سطح الأرض. وتقيس أنتنا الرادار المسافة المائلة slant range distance (C) بين الرادار وكل هدف علي السطح. أما المسافة الأرضية ground distance (D) فهي المسافة الأفقية الحقيقية علي الأرض المقابلة للمسافة المائلة المقاسة.



شكل (٤-١١) زوايا و مسافات أرصاد الرادار

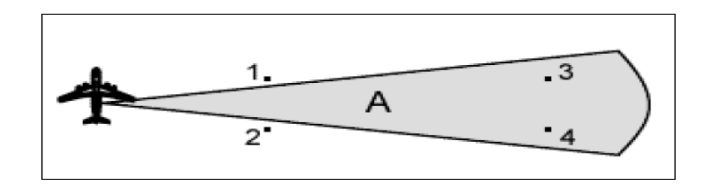
اختلاقا مع النظم البصرية للاستشعار فأن درجة الوضوح المكانية للرادار تعتمد علي خصائص محددة لإشعاع الرادار والتأثيرات الهندسية. عند العمل بتقنية رادار المنفذ الحقيقي Real Aperture Radar (أو اختصارا RAR) فأن درجة الوضوح المكانية للإشعاع ستعتمد علي الطول الفعال للنبضات في اتجاه المسافة المائلة وأيضا علي عرض الاضاءة في اتجاه الانحراف. فالمسافة أو "الوضوح ضد المسار across-rack resolution" تعتمد علي طول النبضة (P). فيمكن تمييز هدفين متجاورين اذا كانت المسافة بينهما أكبر من نصف طول النبضة. ففي الشكل التالي بن يمكن التمييز أو التفرقة بين الهدفين ١ و ٢ بينما يمكن ذلك للهدفين ٣ و ٤. وتظل درجة وضوح المسافة slant-range resolution ثابتة بغض النظر عن طول المسافة ذاتها. لكن عند اسقاط هذه المسافة علي الأرض فأنها ستختلف نتيجة اختلاف زاوية السقوط. ومن ثم فأن لكل درجة وضوح مسافات مائلة معينة سيكون هناك درجة وضوح أرضية متغيرة تتناقص كلما زادت المسافة.



شكل (٤-١٢) درجة الوضوح المكانية ضد المسار للرادار

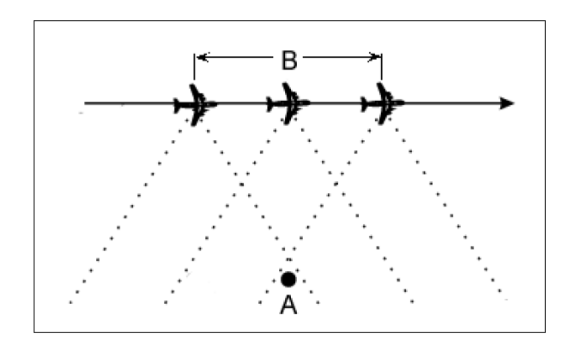
أما الوضوح مع المسار along-track resolution (الوضوح الانحرافي azimuth) فيتحدد بالعرض الزاوي لحزمة المايكروويف والمسافة المائلة. عرض الحزمة (A) beam width هو مقياس لعرض المنطقة المضاءة، فكلما زاد انتشار الاشعاع لمسافات متزايدة من المستشعر كلما

زادت درجة الوضوح الانحرافي (أي أصبحت أكثر خشونة). ففي الشكل التالي فأن الهدفين ١ و ٢ عند المدي القريب من الممكن التمييز بينهما، بينما لا يمكن ذلك للهدفين ٣ و ٤ عند المدي البعيد. ويتناسب عرض الحزمة تناسبا عكسيا مع طول الأنتنا (ويعرف أيضا بالمنفذ aperture)، أي أن الأنتنا الطويلة ستنتج حزمة ضيقة و درجة وضوح أعلي.



شكل (٤-١٣) درجة الوضوح المكانية مع المسار للرادار

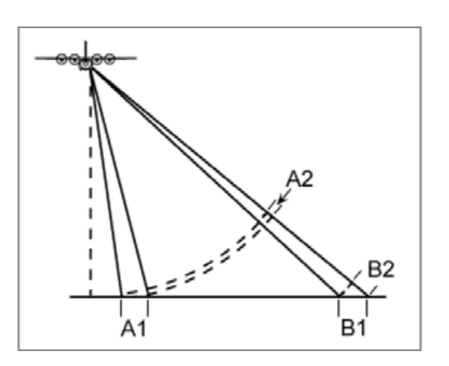
يمكن الحصول علي وضوح مسافات دقيق باستخدام طول قصير للنبضات، وهو ما يمكن تحقيقه لكن بقيود هندسية معينة. فدرجة وضوح الانحرافي للمسافة يمكن تحقيقه بزيادة طول الأنتنا، لكن بالطبع هناك قيود علي هذا الطول عند وضع الأنتنا علي الطائرة أو القمر الصناعي. فلأجهزة الرادار الجوي عادة ما يتراوح طول الأنتنا بين ١-٢ متر، بينما أنتنا الأقمار الصناعية قد يصل طولها الي ١٠-١٥ متر. وللتغلب علي هذه القيود فيتم تعديل الحركة الأمامية للمنصة وطريقة تسجيل و معالجة الاشعاع لكي نحاكي stimulate أنتنا طويلة جدا ومن ثم نزيد من الوضوح الانحرافي azimuth resolution . يوضح الشكل التالي كيف يمكن تحقيق ذلك. يدخل الهدف A حزمة الرادار ويبدأ المستشعر في استقبال و تسجيل الاشعاع (أو الصدي echoes) المنعكس. وكلما تقدمت المنصة للأمام كلما تم تجميع و تسجيل الصدي المنعكس من هذا الهدف. النقطة التي عندها سيغادر الهدف A حزمة الرادار - بعد زمن معين - هي النقطة التي تحدد ما يعرف بالأنتنا الاصطناعية synthesized antenna (B). سيتم اضاءة الاهداف عند المدي البعيد - حيث تكون الحزمة عريضة - لفترة زمنية اطول من الاهداف الواقعة عند المدي القريب. يعادل كلا من الزيادة في عرض الحزمة و والزيادة في الزمن الذي يظل فيه الهدف داخل الحزمة يعادلان كلا منهما بحيث ان درجة الوضوح المكاني تظل ثابتة علي كامل المسار. وهذه الطريقة للحصول علي وضوح انحرافي منتظم و دقيق في كامل مسار المرئية تسمي برادار المنفذ الاصطناعي synthetic aperture radar او اختصارا SAR. ومعظم تقنيات الرادار سواء الجوية او الفضائية نطبق هذا النوع من الرادار.



شكل (٤-١٤) مبدأ رادار المنفذ الاصطناعي

٤-٤ التشوه في مرئيات الرادار

مثل كل نظم الاستشعار عن بعد فأن الطبيعة الهندسية للرؤية في الرادار تتسبب في بعض التشوهات الهندسية للمرئية الناتجة. لكن هناك بعض الاختلافات الناتجة عن كون الرادار له رؤية جانبية side-looking وأيضا بسبب أن ارادار أساسا جهاز لقياس المسافات. يحدث التشوه في مقياس رسم المسفة المائلة slant-range scale distortion نتيجة أن الرادار يقيس المسافات المائلة الي الأهداف المرصودة وليس المسافات الأفقية علي الأرض. ومن ثم يوجد اختلاف في مقياس رسم المرئية كلما تحركنا من المدي القريب لي المدي العيد. فبالرغم من أن الهدفين A1, B1 لهما نفس الحجم علي الأرض، إلا أن أبعادهما الظاهرة في المسافة المائلة A2, B2 سيكونا مختلفين. وهذا ستسبب في أن الأهداف عند المدي القريب ستظهر مدمجة أو مضغوطة compressed مقارنة بالأهداف عند المدي البعيد. وباستخدام حساب المثلثات trigonometry يمكن حساب المسافات الأرضية من المسافات المائلة وارتفاع المنصة.



شكل (٤-١٥) تشوه المسافات في أرصاد الرادار

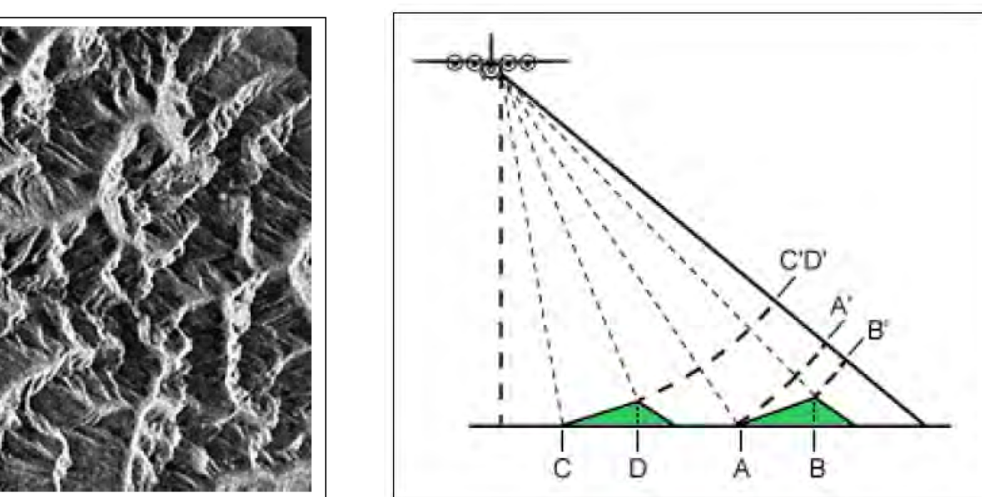
الشكل التالي يبين مرئية رادار للمسافات المائلة (المرئية العليا) ويمكن ملاحظة أن الحقول و الطريق عند نقطة المدي القريب (علي يسار المرئية) تظهر مضغوطة . أما المرئية السفلي فتظهر نفس الأهداف بعد أن تم تحويل المسافات المائلة الي مسافات أفقية ومن ثم تظهر الأهداف بأشكالها الهندسية الصحيحة.



شكل (٤-١٦) تصحيح تشوه المسافات في أرصاد الرادار

مثل التشوه الذي يحدث في الكاميرات و الماسحات فان مرئيات الرادار تتعرض لتشوهات هندسية ناتجة عن ازاحة التضاريس relief displacement. ومثل مرئيات الماسحات فأن هذه الازاحة تكون أحادية البعد وتحدث عموديا علي مسار الطيران. لكن الازاحة ستكون معكوسة للأهداف التي تنزاح باتجاه (وليس بعيدا عن) المستشعر. وينتج عن ازاحة التضاريس في مرئيات الرادار نوعين من التشوه وهما (!) التقصير العلوي foreshortening و(٢) الطرح العلوي layover.

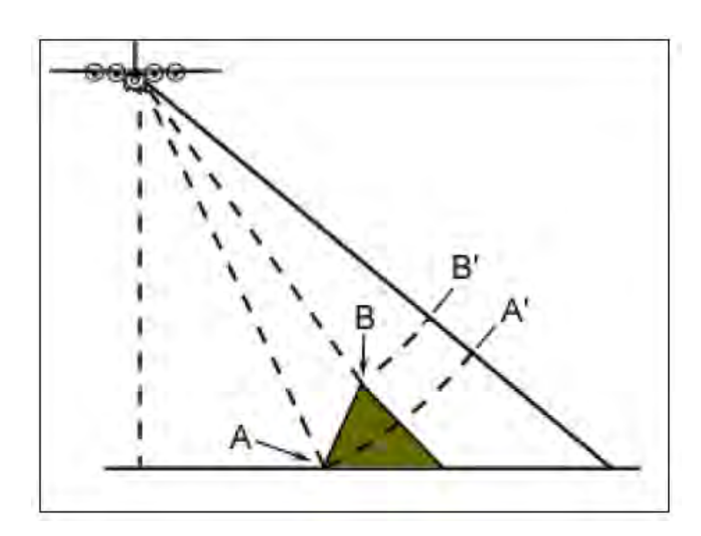
يحدث التقصير الأمامي عندما تصل حزمة الرادار قاعدة الأهداف الطويلة المائلة باتجاه الرادار (مثل الجبال) قبل أن تصل قمتها. وبما أن الرادار يقيس مسافات مائلة فأن الميل من A الي B سيظهر علي المرئية مضغوطا وسيظهر بصورة غير صحيحة من 'A الي 'B. وطبقا لاختلاف زاوية ميل الأهداف (الجبال) نسبة لزاوية سقوط حزمة الرادار فأن تأثير تشوه التقصير الأمامي سيكون مختلفا. ويحدث أقصي تقصير أمامي عندما تكون حزمة الرادار عمودية علي الميل، وفي هذه الحالة فأن الميل من C الي D سيظهر علي المرئية تقريبا صفر (من 'C الي 'D). والشكل التالي يبين مرئية رادار لمنطقة جبلية حادة بها تشوه تقصير أمامي كبير (الميول المشوهه تظهر فاتحة أو لامعة علي المرئية).



شكل (٤-١٧)
تشوه التقصير الأمامي في مرئيات الرادار

شكل (٤-١٨)
مرئية رادار بها تشوه تقصير أمامي

أما تشوه الطرح العلوي فيحدث عندما تصل حزمة الرادار قمة الأهداف الطويلة B قبل أن تصل قاعدتها A. وهنا فأن الاشارة المنعكسة من قمة الهدف ستصل قبل اشارة القاعدة، ومن ثم فأن قمة الهدف ستكون منزاحة باتجاه الرادار من موقعها الحقيقي علي الأرض، أي أنها ستطرح أعلي قاعدة الهدف (من 'B الي 'A). ويبدو تشوه الطرح العلوي مشابها لتشوه التقصير الأمامي علي مرئيات الرادار. وكلا نوعي التشوه مؤثرين جدا في زوايا السقوط الصغيرة وعند المدي البعيد للمسار وفي التضاريس الجبلية.

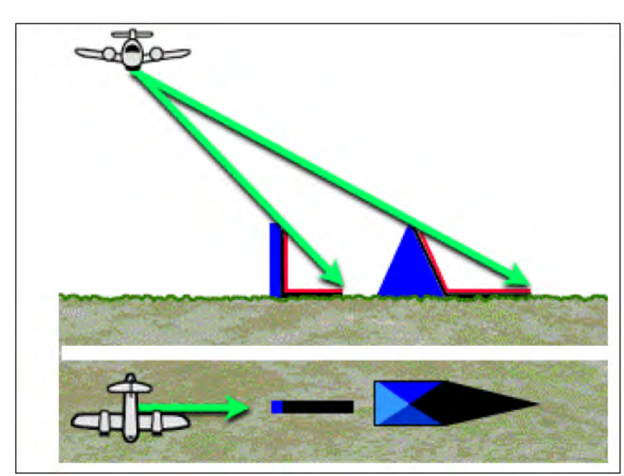


شكل (٤-١٩)
تشوه الطرح العلوي في مرئيات الرادار



شكل (٤-٢٠)
مرئية رادار بها تشوه طرح علوي

وينتج عن كلا من نوعي التشوه هذين ما يعرف بظلال الرادار radar shadow والذي يحدث عندما لا تستطيع حزمة الرادار اضاءة سطح الأرض. وتحدث هذه الظلال باتجاه المدي البعيد للأهداف الرأسية أو الأهداف مائلة الجوانب. وحيث أن الرادار لن يمكنه اضاءة السطح فأن مناطق الظلال ستكون داكنة علي المرئية (لا يوجد أشعة منعكسة تم تجميعها). وكلما تغيرت زاوية السقوط من المدي القريب الي المدي البعيد كلما تغيرت تأثيرات الظلال حيث سيكون الرادار أكثر ميلا علي السطح. في الشكل التالي (٤-٢١) فأن المناطق باللون الأحمر ستقع بالكامل في الظلال، ومن ثم فأنها ستظهر باللون الأسود علي المرئية (٤-٢٢).



شكل (٤-٢١)
تشوه الظلال في مرئيات الرادار



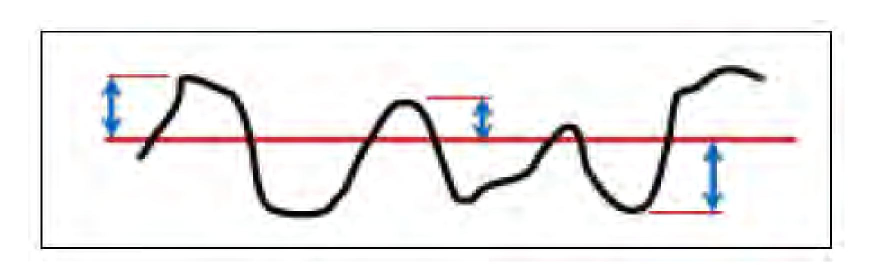
شكل (٤-٢٢)
مرئية رادار بها تشوه ظلال

٤-٥ تفاعل الأهداف و مظهر المرئية

يعتمد لمعان الأهداف في مرئيات الرادار علي جزء الطاقة المرسلة التي تصل للأهداف ثم تنعكس منها الي الرادار مرة أخري. وتعتمد كمية أو قوة هذه الطاقة المنعكسة علي كيفية تفاعل الرادار مع السطح، والتي بدورها تعتمد علي عدد من العناصر. وهذه العناصر تشمل خصائص محددة لنظام الرادار ذاته (مثل التردد و القطبية وهندسة الرؤية ...الخ) وخصائص السطح (نوع الغطاء الأرضي، الطبوغرافيا، التضاريس ...الخ). وحيث أن بعض هذه العناصر متداخلة فلا يمكننا التفرقة بين تأثر كل عنصر بمفرده ومدي مساهمته في مظهر الأهداف علي مرئية الرادار. لكننا يمكن تقسيم هذه الخصائص الي ثلاثة مجموعات رئيسية تتحطم بصورة أساسية في التفاعلات بين الرادار و الأهداف:

- خشونة السطح للهدف.
- العلاقة بين رؤية الرادار وهندسة السطح.
- محتوي بخار الماء والخصائص الكهربية للهدف.

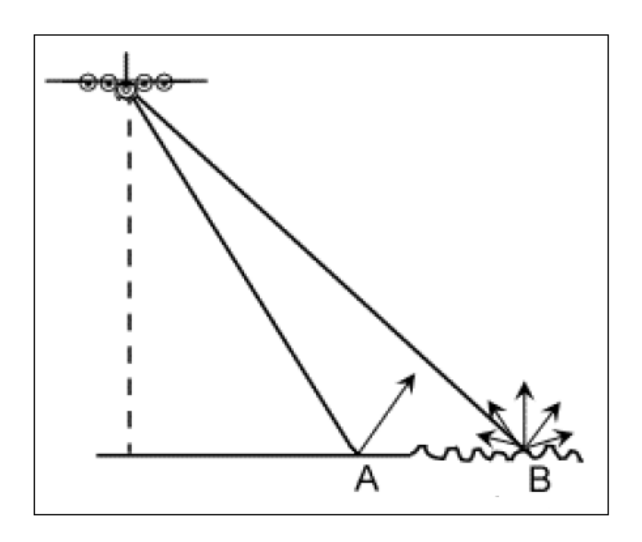
تعد خشونة السطح surface roughness العامل الأساسي المتحكم في كيفية تفاعل طاقة المايكروويف مع اسطح أو الهدف، ومن ثم فهي التي تحدد درجة اللون tones الذي نراه علي مرئيات الرادار. وخشونة السطح تعبر عن التغير المتوسط في الارتفاعات في السطح بالمقارنة بسطح مستوي، وتقاس بوحدات السنتيمتر. وبالنسبة للرادار فأن كون السطح خشنا rough أو ناعما smooth يعتمد علي طول الموجة و علي زاوية السقوط.



شكل (٤-٢٣) خشونة السطح

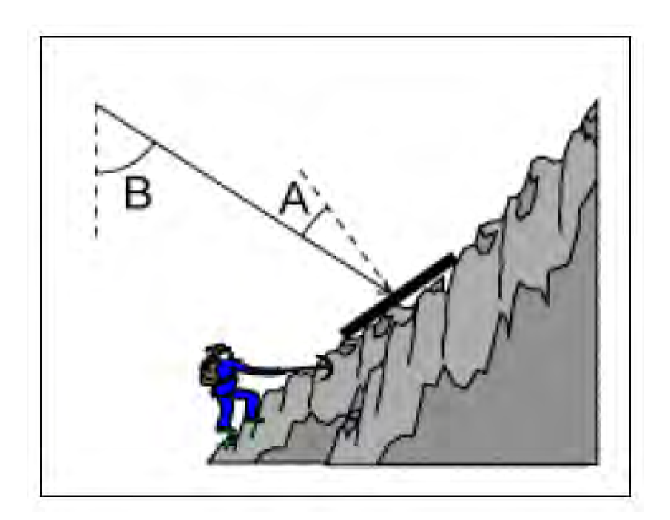
سيبدو السطح ناعما (بالنسبة للرادار) عندما يكون تغير الارتفاعات صغير بالمقارنة بطول موجة الرادار، وعندما تبدأ التغيرات في الاقتراب من طول الموجة سيبدو السطح خشنا. أي أن سطحا معينا قد يبدو خشنا لأطوال الموجات القصيرة و يبدو ناعما عندما تصبح الموجات أطول. فقي الشكل التالي فأن السطح الناعم A سيتسبب في انعكاس الطاقة الساقطة (غالبا بعيدا عن المستشعر) ومن ثم فأن جزء صغير من هذه الطاقة سيعود للمستشعر مرة أخري. وهذا سيجعل هذا السطح الناعم يبدو داكنا darker علي مرئية الرادار. أما السطح الخشن B سيتسبب في تشتت الطاقة بصورة متساوية تقريبا في جميع الاتجاهات، ومن ثم فأن جزءا مؤثرا من الطاقة سينعكس مرة أخري للمستشعر. وبالتالي فأن هذا السطح الخشن يبدو فاتحا lighter علي المرئية. أيضا فأن زاوية السقوط (بالإضافة لطول الموجة) تلعب دورا في الخشونة الظاهرة للسطح. فلسطح معين و طول موجة معينة فأن السطح سيبدو ناعما كلما زادت زاوية السقوط. ومن ثم فكلما اتجهنا بعيدا في

المسار (أي من المدي القريب الي المدي البعيد) فستنعكس كميات أقل من الطاقة الي المستشعر وبالتالي ستبدو المرئية داكنة أكثر.



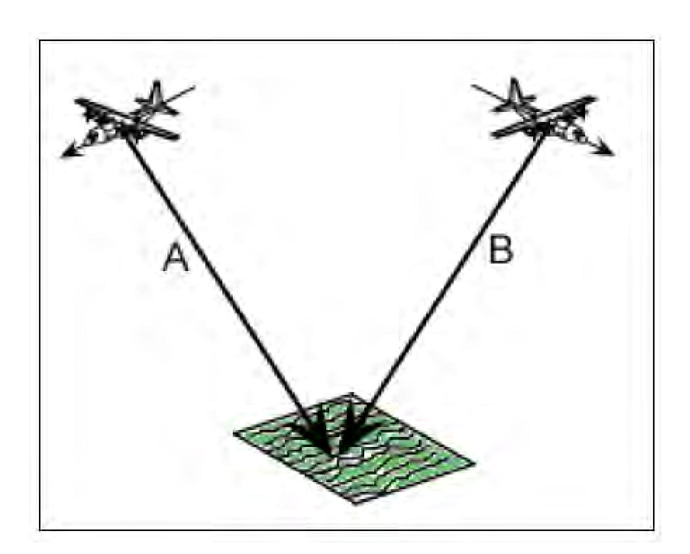
شكل (٤-٢٤) السطوح الناعمة و الخشنة

تؤثر أيضا خصائص هندسة السطح surface geometry في تفاعل السطح و حزمة الرادار، وهنا نعتمد علي ما يسمي بزاوية السقوط المحلية local indecent angle وهي الزاوية A بين حزمة الرادار و الاتجاه العمودي علي الميل عند نقطة الوقوع. وللسطوح المستوية فأن زاوية السقوط المحلية ستكون هي نفس زاوية السقوط B. أما للسطوح التي لها أي نوع من التضاريس فلن تكون الزاويتين متساويتين. وعامة فأن الميول التي تواجه الرادار سيكون لها زاوية سقوط محلية صغيرة مما يتسبب في تشتت (انعكاس) أقوي للرادار الي المستشعر ومن ثم تبدو فاتحة علي مرئية الرادار.



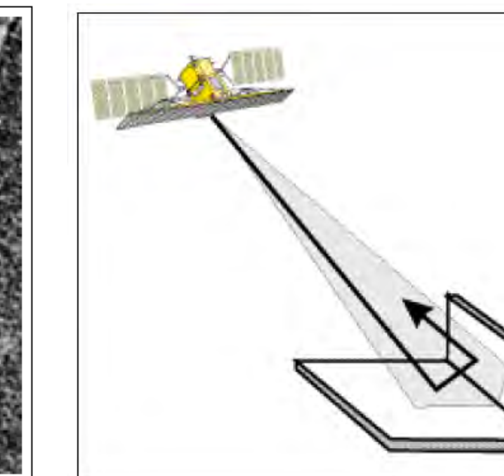
شكل (٤-٢٥) زاوية السقوط المحلية

أيضا فأن العلاقة بين هندسة الرؤية viewing geometry و هندسة معالم السطح surface geometry تؤثر في كيف ستتفاعل هذه الأهداف مع حزمة الرادار و كيف ستبدو الأهداف علي مرئية الرادار. فالتغير في هندسة الرؤية يحسن الطبوغرافيا في عدة اتجاهات يمكن حدوث تغير في التقصير الأمامي و الطرح العلوي و الظلال بناءا علي ميل السطح و اتجاهه و شكله. يمكن وصف اتجاه الرادار المنبعث بالنسبة لاتجاه توزيع المعالم الخطية للسطح من خلال ما يعرف باتجاه النظر look direction أو زاوية الوجه aspect angle. ويمكن لاتجاه النظر أن يؤثر بدرجة ملحوظة علي كيف تبدو الأهداف علي مرئية الرادار، خاصة عندما تكون الأهداف منظمة في تركيب خطي (مثل الحقول الزراعية أو سلاسل الجبال). فعندا يكون اتجاه النظر قريب من الاتجاه العمودي علي اتجاه ترتيب الأهداف (الحالة A في الشكل التالي) فأن كمية أكبر من الطاقة الساقطة ستنعكس مرة أخري الي المستشعر مما سيجعل الأهداف تبدو أكثر لمعانا علي المرئية. أما اذا كان اتجاه النظر مائلا علي اتجاه ترتيب الأهداف (الحالة B) فأن طاقة أقل ستنعكس للمستشعر ومن ثم ستبدو الأهداف داكنة علي المرئية. ومن هنا فأن اتجاه النظر يعد عاملا رئيسيا في تحسين تباين المرئية contrast وأيضا تقليل التشوه خاصة في المناطق الجبلية. وبتجميع مرئيات من عدة اتجاهات نظر يمكننا تحسين عملية تحديد (أو تمييز) الأهداف.

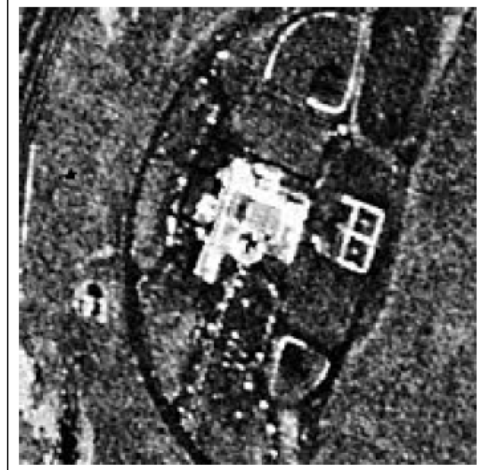


شكل (٤-٢٦) تأثير اتجاه النظر

تتسبب الأهداف التي لها سطحين (أو أكثر) متعامدين (غالبا تكون ناعمة) في حدوث ما يعرف بالانعكاس الجانبي corner reflection اذا كان الجانب مواجهها للاتجاه العام لأنتنا الرادار. فاتجاه السطوح المتعامدة تتسبب في ان معظم طاقة الرادار ستنعكس مباشرة الي الأنتنا. وعامة يكون الانعكاس الجانبي شائعا في الأهداف ذات الأشكال الزاوية في البيئة العمرانية (المباني و الشوارع والكباري .. الخ). ويظهر الانعكاس الجانبي في مرئيات الرادار في صورة أهداف لامعة جدا.

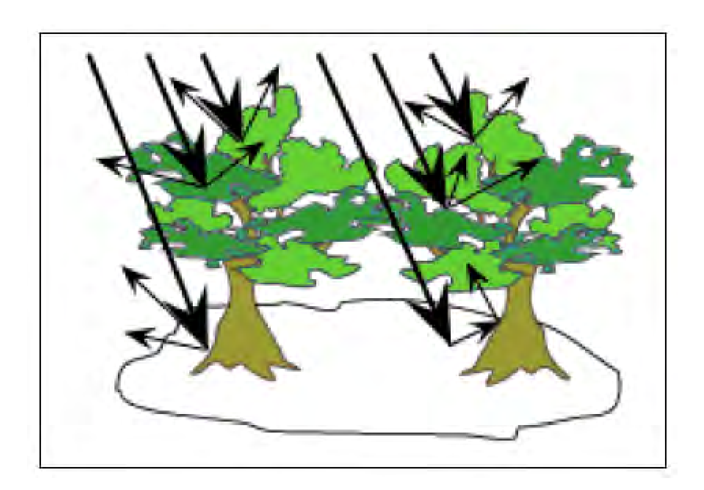


شكل (٤-٢٧)
الانعكاس الجانبي لحزمة الرادار



شكل (٤-٢٨)
مرئية رادار بها انعكاسات جانبية

يؤثر وجود (أو غياب) الرطوبة moisture علي الخصائص الكهربائية لأي هدف أو وسط، و هذه الخصائص تغير من طبيعة امتصاص أو انبعاث أو انعكاس طاقة المايكروويف. ومن ثم فأن الرطوبة تؤثر في كيف ستبدو الأهداف و السطوح علي مرئيات الرادار. وبصفة عامة فأن الانعكاس (ومن ثم درجة اللمعان) تزيد مع زيادة محتوي الرطوبة. فكمثال السطوح مثل التربة و الغطاء النباتي ستبدو لامعة عندما تكون رطبة أكثر من عندما تكون جافة. فعندما يكون الهدف رطبا فأن التشتت (أو الانعكاس) من الأجزاء العليا سيكون عاملا مؤثرا. ويعتمد نوع الانعكاس وقيمته علي رطوبة الهدف، فإذا كان الهدف جافا جدا فالسطح سيبدو ناعما في مرئية الرادار وسيستطيع الرادار الاختراق الي ما تحت السطح سواء كان هذا السطح متقطعا (أوراق و أفرع النباتات) أو سطح متصل (تربة أو ثلوج). ولأي سطح فأن أطوال الموجات الطويلة تستطيع الاختراق أكثر من الأطوال القصيرة.

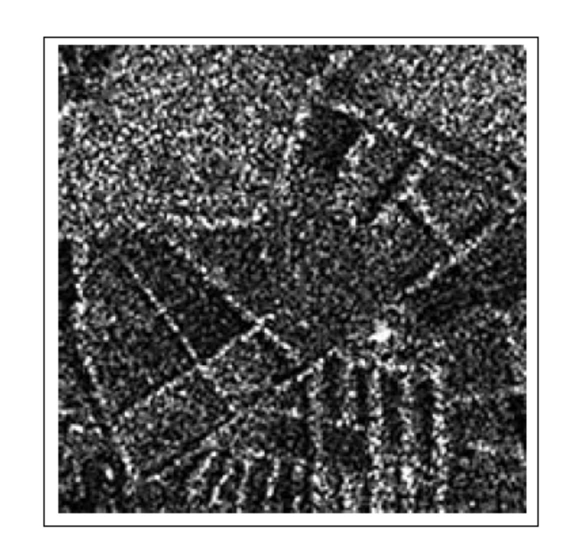


شكل (٤-٢٩) تأثير الرطوبة

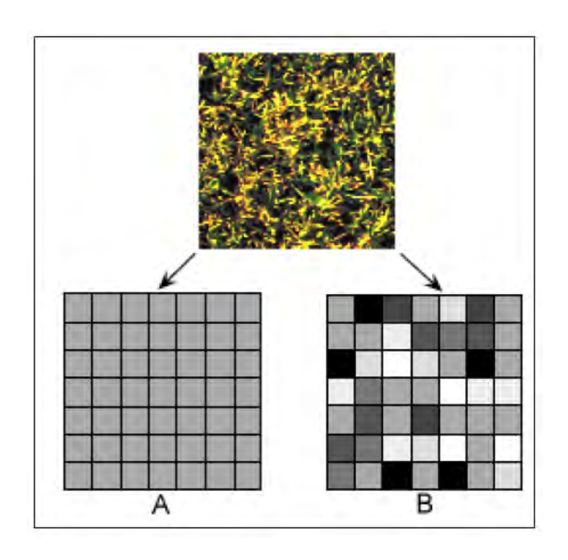
اذا اخترقت طاقة الرادار السطح العلوي فسيحدق ما يسمي بالتشتت الحجمي volume scattering، وهو تشتت طاقة الرادار داخل حجم أو وسط وعادة ما يتكون من انعكاسات متعددة من المكونات المختلفة الموجودة داخل هذا الحجم أو الوسط. فعلي سبيل المثال في الغابات فأن التشتت (الانعكاس) سيأتي أولا من أوراق الأشجار العليا، ثم من الأفرع، ثم من الجذور و التربة عند مستوي الأرض. ويمكن للتشتت الحجمي أن يزيد أو يقلل من لمعان المرئية اعتمادا علي كيفية تشتت الطاقة من هذا الحجم أو الوسط قبل رجوعها للمستشعر مرة أخري.

٤-٦ خصائص مرئيات الرادار

تبدو جميع مرئيات الرادار بدرجة أو بآخري مما يطلق عليه مصطلح بقع الرادار radar speckle. والبقعة تبدو كنسيج حبيبي grainy texture علي المرئية (مثل خليط الملح و الفلفل)، وهو ما يعود الي التداخل بين الأنواع المتعددة من التشتت المنعكس للرادار داخل كل خلية. فعلي سبيل المثال فأن الهدف المتجانس A (مثل حقل حشائش كبير) وبدون تأثير البقع سيبدو علي المرئية كخلية فاتحة اللون. أما الانعكاسات المتعددة من كل أوراق الحشائش داخل هذه الخلية فتتسبب في كون بعض البكسل ستكون فاتحة وبعضها ستكون داكنة B، ومن ثم فسيظهر هذا الحقل ببقع الرادار.



شكل (٤-٣٠)
بقع الرادار

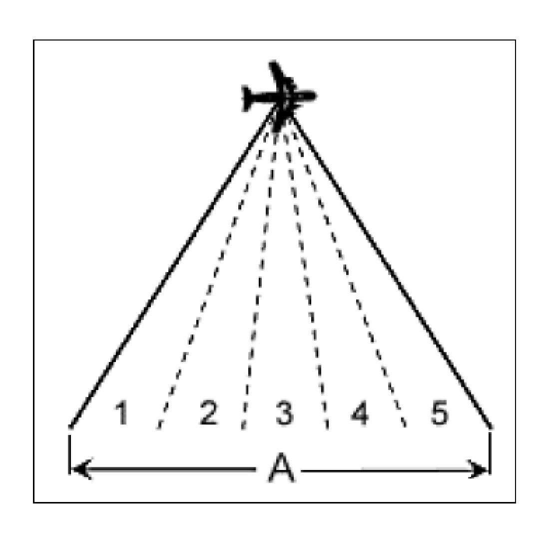


شكل (٤-٣١)
تأثير بقع الرادار

وبقع الرادار ما هي إلا ضجيج noise يقلل من جودة المرئية ويجعل تفسير المرئية (بصريا أو آليا) أصعب. ومن ثم فمن المهم تقليل بقع الرادار قبل البدء في تفسير و تحليل مرئية الرادار. ويمكن تحقيق تقليل البقع speckle reduction بطريقتين: المعالجة متعددة المنظر، الفلتر (أو المصفاة) المكاني.

تتكون المعالجة متعددة المنظر multi-look processing من تقسيم حزمة الرادار A الي حزم فرعية sub-beam أصغر عرضا أو أضيق (في الشكل التالي ٥ حزم). وتمثل كل حزمة نظرة

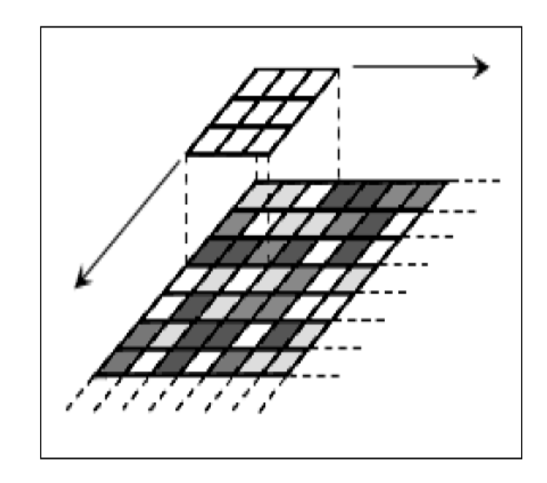
look مستقلة للمشهد (ومن هنا جاء اسم هذه الطريقة). ومع أن كل نظرة ستكون معرضة لبقع الرادار إلا أن عمل جمع و متوسط summing and averaging كل النظرات لعمل المرئية الأخيرة النهائية سيقلل من كمية البقع.



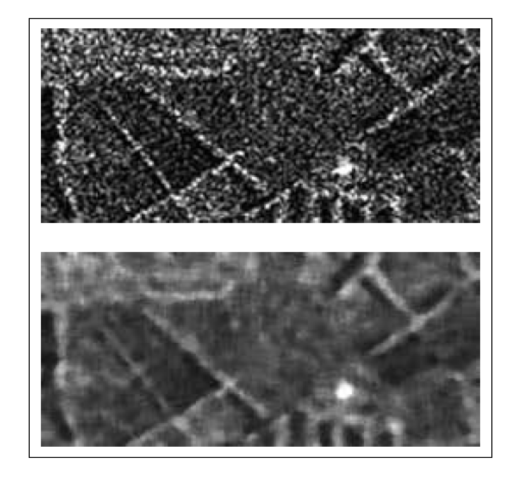
شكل (٤-٣٢) طريقة المعالجة متعددة المنظر

بينما تتم طريقة المعالجة متعددة المنظر أثناء مرحلة تجميع البيانات فأن طريقة الفلتر المكاني spatial filtering تتم عند المعالجة الآلية للمرئية (علي الكمبيوتر) بهدف تقليل بقع الرادار. وفي هذا الأسلوب فأن نافذة صغيرة من عدة خلايا (٣×٣ أو ٥×٥) تتحرك علي كل بكسل في المرئية وتقوم بتطبيق نموذج رياضي علي هذا البكسل (مثل حساب المتوسط) ثم تقوم بإحلال الناتج الجديد محل القيمة الأصلية لهذا البكسل المركزي. وتستمر هذه النافذة في الحركة في الصفوف و الأعمدة للمرئية بحيث تقوم بالتطبيق بكسل تلو الاخر. وبحساب قيمة المتوسط للنافذة حول كل بكسل فأننا نحصل علي تأثير تسوية أو نعومة smoothing effect ومن ثم تقليل تأثير بقع الرادار. وفي الشكل التالي (علي اليسار) تبدو مرئيتين للرادار العليا قبل و السفلي بعد تقليل البقع باستخدام فلتر المتوسط. وهناك نماذج رياضية أخري (بخلاف المتوسط) يتم استخدامها في معالجة مرئيات الرادار.

وتجدر الاشارة الي أن كلا طريقتي تقليل بقع الرادار يتمان علي حساب درجة وضوح المرئية ذاتها، حيث أن كلا الطريقتين يقومان بعمل نعومة smoothing للمرئية. ومن ثم فان درجة التقليل المطلوبة للبقع يجب أن تتوازن مع الهدف من (أو استخدام) مرئية الرادار وكمية التفاصيل المطلوبة. فإذا كان من الضروري الحصول علي تفاصيل دقيقة ودرجة وضوح عالية للمرئية فأن تقليل بقع الرادار سيتم علي مستوي بسيط جدا (أو لا يتم من الأساس). أما اذا كانت درجة الوضوح المطلوبة متوسطة فهنا يكون تقليل بقع الرادار أمرا حيويا ومقبولا.



شكل (٤-٣٣)
طريقة الفلتر المكاني



شكل (٤-٣٤)
تأثير الفلتر المكاني علي بقع الرادار

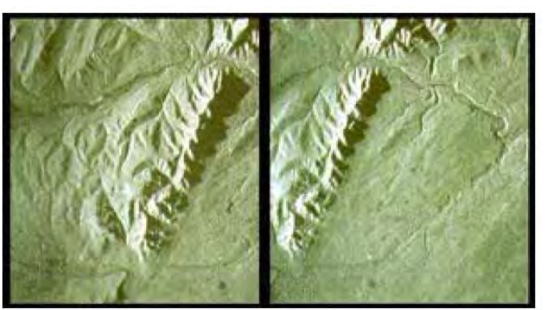
ترسل أنتنا الرادار طاقة أكبر في الجزء الأوسط من المسار (أكبر من الطاقة عند المدي القريب و المدي البعيد) وهذا ما يعرف بنمط الأنتنا antenna pattern وهذا ما يتسبب في أن الانعكاسات ستكون في المنطقة الوسطي أقوي من الأطراف. ومن المعلوم أيضا أن الطاقة المنعكسة ستتناقص كلما زادت المسافة. وبالتالي فأن المرئية الناتجة ستكون متغيرة في قوة الاضاءة intensity (أي درجة اللون tone)، ومن ثم نحتاج لعملية تصحيح نمط الأنتنا antenna pattern correction ليمكن الحصول علي مرئية منتظمة اللمعان وذلك بهدف تحسين عملية التفسير البصري للمرئية.

يعرف المجال الديناميكي dynamic range بأنه مجال مستويات الاضاءة في مرئيات الرادار (أي أنه مناظر لمفهوم درجة الوضوح الراديومترية في نظم الاستشعار البصري)، وهذا المحال قد يصل الي ١٠٠،٠٠٠ مستوي أو درجة (بالمقارنة بـ ٢٥٦ درجة وضوح فقط في المرئيات البصرية). وحيث أن العين البشرية تستطيع المقارنة فقط بين ٤٠ مستوي أو درجة من للمعان فأن التفسير البصري لمرئيات الرادار يكون صعبا. بل حتى أن استخدام الكمبيوتر التقليدي سيواجهه صعوبة للتعامل مع هذا المجال الكبير من البيانات. ومن ثم فأن مرئيات الرادار يتم معالجتها أولا في مستوي ١٦ بت (أي ٦٥٥٣٦ درجة وضوح) ثم يتم لاحقا تحويلها الي ٨ بت (٢٥٦ درجة وضوح) حتى يمكن تفسيرها سواء بصريا أو آليا.

المعايرة calibration هي العملية التي تضمن أن نظام الرادار وقياساته متناسقة و دقيقة بقدر الامكان. وقبل البدء في تحليل المرئيات فنحتاج لمعايرة نسبية relative calibration لتصحيح التغيرات المعروفة في أنتنا الرادار واستجابة النظام بهدف ضمان الحصول علي قياسات متكررة دقيقة. ويتم هذا من خلال المقارنة النسبية بين استجابة الأهداف في مرئية مع مرئيات أخري موثوق بها. لكن في حالة أننا أردنا عمل قياسات كمية دقيقة لقياس الطاقة المنعكسة من الأهداف المختلفة فنحتاج لعملية معايرة مطلقة absolute calibration. وفي هذه العملية فستعين بقياسات دقيقة لتحديد خصائص و كمية الانعكاسات من الأهداف والتي يمكن الحصول عليها بتقنيات الرادار الأرضي.

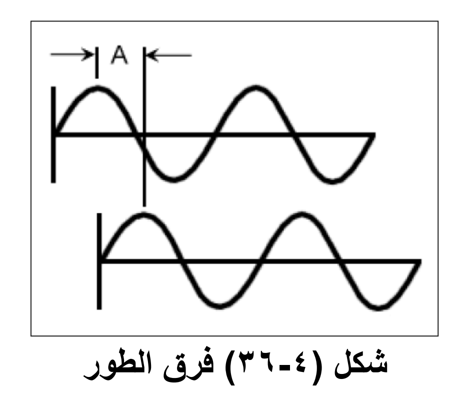
٤-٧ تطبيقات متقدمة للرادار

توجد عدة تطبيقات خاصة متقدمة لبيانات ومرئيات الرادار، ولنبدأ بالحديث عن الرادار المزدوج أو الاستريسكوبي stereo radar وهو يماثل مفهوم تطوير الخرائط من الصور المتداخلة أو الزوجية في تطبيقات التصوير الجوي (الجزء ٢-٧). فكل زوج من مرئيات الرادار المزدوجة يغطي نفس المنطقة لكن باستخدام زاويتي نظر أو سقوط look/incidence angles مختلفتين (A) أو من اتجاهي نظر متقابلين (B). لكن خلافا للصور الجوية التي تكون الازاحة فيها قطرية كلما بعدنا عن مركز الصورة (أي نقطة النديرِ) فأن مرئيات الرادار تكون الازاحة بها فقط في اتجاه المسافة المقاسة. ومرئيات الرادار المأخوذة من اتجاهه نظر متقابلين opposite look directions (أي أحدهما ينظر للشمال و الاخر ينظر للجنوب) تظهر تباين ملحوظ ومن ثم يكون تفسيرها صعبا. ويزداد هذا الوضع سوءا في المناطق الجبلية حيث يكون تأثير الظلال لاغيا لتأثير الازدواج. وطوال سنوات عديدة يتم استخدام المرئيات الرادارية المزدوجة في الجيولوجيا و الغابات و تطوير الخرائط الطبوغرافية. ويعرف تقدير المسافات و التضاريس من مرئيات الرادار باسم القياس من الرادار radargrammetry مثلما يعرف القياس من الصور الجوية باسم photogrammetry .



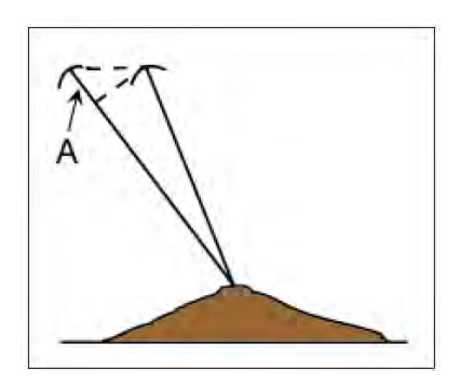
شكل (٤-٣٥) مرئيات الرادار المزدوجة

توجد طريقة أكثر تقدما من طريقة القياس من الرادار radargrammetry وهي الطريقة المعروفة باسم القياس الفرقي interferometry. وتعتمد هذه الطريقة علي قياس خاصية من خصائص الموجات الكهرومغناطيسية وهي ما يغرف باسم خاصية الطور phase. لنفترض أن لدينا موجتين لهما نفس طول الموجة و نفس التردد يسيران في الفراغ لكن نقطة البداية لكلا منهما مختلفتين أو بينهما مسافة أو تباعد offset. وتسمي هذه المسافة بين النقاط المتناظرة علي كلتا الموجتين (A) باسم فرق الطور phase difference.



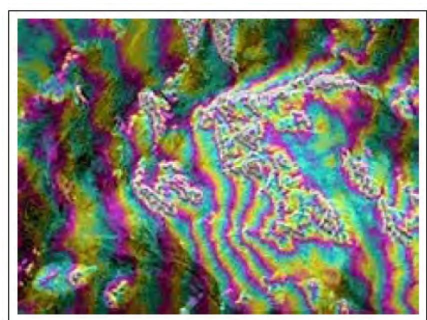
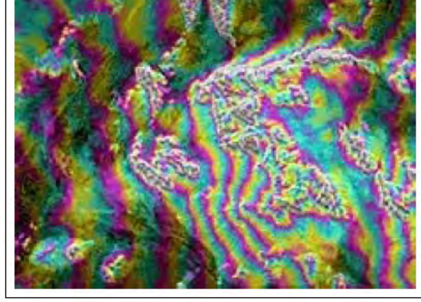
شكل (٤-٣٦) فرق الطور

النظم الرادارية التي تطبق طريقة القياس الفرقي تستخدم أنتنتين يتباعدان بمسافة صغيرة في البعد المسافي range dimension وكلاهما يقيس و يسجل الانعكاس المرتد من كل خلية. ومن الممكن أن تكون هاتين الأنتين موجودتين علي نفس المنصة (كما في بعض تقنيات SAR المحمولة جوا) أو أن يتم تسجيل البيانات من طورين مختلفين لنفس الأنتنا (كما هو مطبق في كلا من الرادار الجوي و الفضائي). وبقياس فرق الطور بين الانعكاسين (A) يمكن حساب الفرق بين طول المسارين بدقة تعادل طول الموجة (أي بدقة سنتيمترات). وبمعرفة احداثيات الأنتنا بالنسبة لسطح الأرض فيمكن حساب احداثيات الخلية بما فيها ارتفاعها.



شكل (٤-٣٧) نظم رادار القياس الفرقي

يتم تمثيل فرق الطور بين الخلايا المتجاورة فيما يعرف باسم " شكل الفرق الطوري interferogram" حيث يتم تمثيل تغير الارتفاعات باستخدام الألوان. ومعلومات هذا الشكل تمكننا من استنباط المعلومات الطبوغرافية لهذه المنطقة ومنها ما يعرف باسم " المرئيات ثلاثية الأبعاد three-dimensional imagery ".

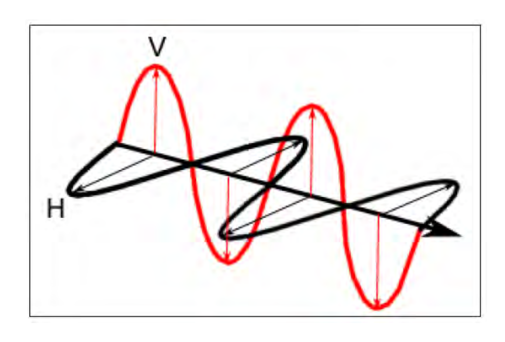
شكل (٤-٣٨) شكل الفرق الطوري

شكل (٤-٣٩) المرئيات ثلاثية الأبعاد

<u>٤-٨ قطبية الرادار</u>

سبق أن تحدثنا (أنظر الجزء ٤-٢) عن قطبية polarization الرادار، وقلنا أن القطبية هي الاتجاه الذي يأخذه المجال الكهربائي (تذكر أن الطاقة تتكون من مجالين: كهربائي و مغناطيسي كما سبق الاشارة في الفصل الأول). ويتم تصميم معظم نظم الرادار بحيث ترسل الاشعاع قصير الموجة

ليكون اما أفقي القطبية (H) أو رأسي القطبية (V). ومن ثم فأن طبق الاستقبال أو الأنتنا اما أن تستقبل الاشعة المنعكسة أفقيا أو رأسيا (بعض أجهزة الرادار يمكنها استقبال كلا النوعين).



شكل (٤-٤٠) قطبية أفقية (سوداء) و قطبية رأسية (حمراء) للمجال الكهربائي

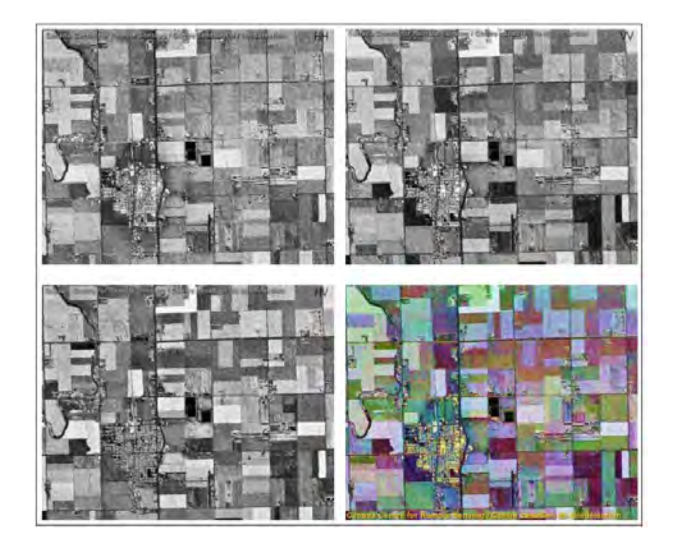
ومن ثم فهناك عدة بدائل أو حالات لقطبية الارسال و الانعكاس:

- HH : ارسال أفقي و استقبال أفقي.
- VV : ارسال رأسي و استقبال رأسي.
- HV : ارسال أفقي و استقبال رأسي.
- VH : ارسال رأسي و استقبال أفقي.

النوعين الأولين يطلق عليها اسم القطبية المتشابهه like-polarized حيث أن قطبية الارسال هي نفسها قطبية الاستقبال. أما النوعين الأخيرين فهما من نوع القطبية المتضادة cross-polarized. ومن ثم فهناك حالات متعددة لنظم الرادار و منها:

- القطبية الأحادية single polarized: مثل حالات HH أو VV (ويمكن أيضا HV أو VH).
- القطبية الثنائية double polarized: مثل حالات HH و VV أو VH و HH أو HH و VV.
- القطبية التبادلية alternating polarization: مثل حالات HH و HV تتبدل الي VV و VH.
- القطبية التماثلية polarimetric: مثل حالات HH ، VV ، HV و VH.

وتوضح المرئيات التالية (من نوع النطاق C) لبعض الحقول الزراعية حالات القطبية، فنري المرئيتين العلويتين وهما من نوع القطبية التشابهية (HH علي اليسار و VV علي اليمين). أما المرئية السفلي اليسري فهي من نوع القطبية المتضادة (HV) والمرئية السفلي اليمني تمثل نتيجة أو حاصل تمثيل هذه المرئيات الثلاثة معا مثل حالة دمج الألوان (هنا القطبية HH ممثلة بالأحمر و VV ممثلة بالأخضر و HV ممثلة بالأزرق).



شكل (٤-٤١) تمثيل الحقول الزراعية بأكثر زمن حالة من حالات القطبية

٤-٩ أمثلة لنظم الرادار الجوية و الفضائية

تم تطوير نظام Coviar-580 C/X SAR الكندي في ١٩٩٦ للاستخدام في مجال متابعة تسرب الزيت وعدة تطبيقات بيئية أخرى. ويعمل النظام في نطاق C (٥.٦٦ سنتيمتر) و النطاق X (٣.٢٤ سنتيمتر). يتم تجميع البيانات متضادة القطبية بالتبادل في كلا هذين النطاقين في نطاق واسع من زوايا السقوط (من ٥ الي ٩٠ درجة).



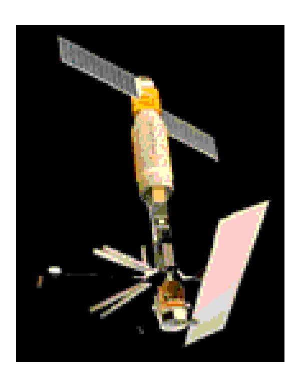
أيضا فأن نظام STAR (Sea Ice and Terrain Assessment) هو نظام كندي كان من أوائل نظم رادار المنفذ الصناعي SAR في العالم. ويعمل كلا الاصدارين STAR-1 and STAR-2 في نطاق X (٣.٢ سنتيمتر) بقطبية من نوع HH، ويغطي المسار ما يتراوح بين ١٩ و ٥٠ كيلومتر بدرجة وضوح تتراوح بين ٥ الي ١٨ متر. والهدف الرئيسي من هذا النظام هو متابعة الثلوج و تحليل التضاريس أيضا.



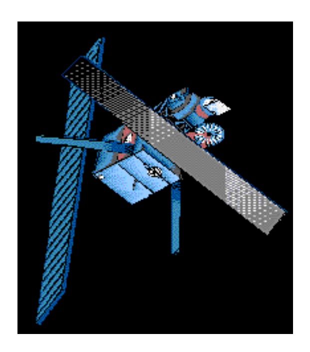
يعد نظام AirSAR الأمريكي نظام رادار منفذ صناعي متعدد الترددات multi-frequency و متعدد القطبية multi-polarization. فهو يعمل في النطاقات C, L, and P ويمكنه ارسال و استقبال بيانات هذه النطاقات في عدة حالات من حالات القطبية (HH, HV, VH, VV) بدرجة وضوح مكانية تبلغ ١٢ متر وبزاوية سقوط تتراوح بين الصفر و ٧٠ درجة.



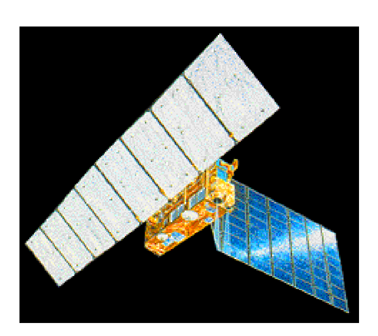
تم اطلاق نظام الرادار الفضائي SEASAT في عام ١٩٧٨ كأول نظام رادار مدني من نوع SAR. ويعمل النظام في نطاق L (٢٣.٥ سنتيمتر) ويبلغ عرض المسار ١٠٠ كيلومتر بينما تبلغ درجة الوضوح المكانية ٢٥ متر. ومع أن هذا القمر الصناعي كان تجريبيا لمدة ثلاثة شهور فقط إلا أنه استطاع تقديم صورة كبيرة عن امكانيات تقنيات الرادار الفضائي.



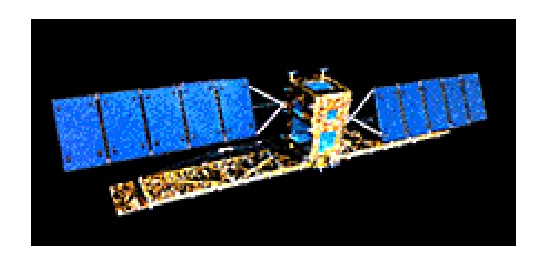
أطلقت وكالة الفضاء الاوروبية نظام ERS-1 في عام ١٩٩١ حاملا جهاز قياس الارتفاعات الرادارية radar altimeter وجهاز قياس الاشعة تحت الحمراء و الموجات القصيرة infrared and microwave sounder وأيضا جهاز رادار يعمل في النطاق C (٥.٦٦ سنتيمتر). ومن ثم فيستطيع هذا النظام قياس الانعكاسات من سطح المحيطات وأيضا قياس سرعة و حركة الرياح السطحية. ويمكن للنظام أن يعمل كمنفذ صناعي SAR لتجميع البيانات في مسار عرضه ١٠٠ كيلومتر بزوايا سقوط بين ٢٠ و ٢٦ درجة وبدرجة وضوح مكانية تبلغ ٣٠ متر تقريبا.



في عام ١٩٩٢ أطلقت وكالة الفضاء اليابانية نظام JERS-1 والذي يحمل (بالإضافة لمستشعرين بصريين) نظام رادار منفذ صناعي SAR يعمل في النطاق L (٢٣.٥ سنتيمتر) بقطبية من نوع HH. ويبلغ عرض المسار حوالي ٧٥ كيلومتر وبدرجة وضوح مكانية ١٨ متر تقريبا.



أطلقت كندا نظام RADARSAT في عام ١٩٩٥ والذي يحمل مستشعرا متقدما يعمل في النطاق C (٥.٦ سنتيمتر) بقطبية من نوع HH. يتراوح عرض المسار بين ٣٥ و ٥٠٠ كيلومتر بدرجة وضوح مكانية تتراوح بين ١٠ و ١٠٠ متر. وع أن فترة اعادة الزيارة تبلغ ٢٤ يوما إلا أن هناك امكانية لزيارة علي فترات أقل عند الحاجة لدراسة بقعة مكانية محددة. والنظام مصمم بحيث يمكنه رؤية أي منطقة في كندا كل ٣ أيام ورؤية المنطقة القطبية الشمالية بصفة يومية. وحتى للمناطق الاستوائية فيمكن تجميع البيانات كل ٦ أيام عند استخدام المسار العريض البالغ ٥٠٠ كيلومتر.



٤-١٠ أسئلة و أجوبة لموضوعات هذا الفصل

س ١: كيف يمكن للمرئيات الرادارية في عدة أطوال موجات و عدة حالات قطبية أن تفيدنا في استخراج معلومات مختلفة لنفس المشهد؟

س ٢: اشرح كيف يمكن لجهاز من أجهزة مستشعرات غير المرئيات non-imaging من نوع السكاتروميتر scatterometer أن يفيدنا في استخراج معلومات أكثر دقة من مرئية الرادار؟

س ٣: اشرح لماذا يكون رادار المنفذ الصناعي SAR هو الاختيار العملي الوحيد في تطبيقات الرادار الفضائي؟

س ٤: لمنطقة زراعية بها محاصيل مغمورة بالمياه، كيف ستظهر علي مرئية رادارية؟

س ٥: ما هي الخطوات التي ستتبعها أو ستطبقها علي مرئية رادارية قبل البدء في تفسيرها بصريا؟

س ٦: أذكر بعض العوامل التي تؤثر في أن هدف معين قد يبدو بصور مختلفة علي مرئيات رادارية متعددة خاصة مرئيات الرادار الجوي و ارادار الفضائى.

ج ١: مثل المستشعرات المرئية متعددة النطاقات فأن مرئيات الرادار متعدد التردد توفر لنا عدة أنواع من المعلومات التي تمم بعضها البعض. أيضا فأن حالات القطبية المتعددة يمكن التفكير فيها بنفس المنطق مثل النطاقات المتعددة في الاستشعار عن بعد البصري. فطبقا لطول الموجة و حالة القطبية فأن طاقة الرادار ستتفاعل بصور مختلفة مع الأهداف علي سطح الأرض، ومن ثم فأننا عندما نجمع هذه القنوات معا لإنتاج مرئيات ملونة فيمكننا استنباط معلومات متعددة لنفس البقعة المكانية.

ج ٢: يستخدم جهاز السكاتروميتر لقياس كثافة intensity الطاقة المنعكسة من هدف أو سطح بدقة عالية، وهذه القياسات تمكننا من تكوين بصمة انعكاسية backscatter signature بنفس منطق البصمة الطيفية المستخدم في تطبيقات الاستشعار عن بعد المرئي أو البصري. وبالتالي فأن هذه البصمات توفر لنا امكانية مقارنة ومن ثم معايرة الطاقة للأهداف المختلفة في مرئيات الرادار.

ج ٣: ان الارتفاعات العالية لنظم الرادار الفضائية تعوق استخدام رادار المنفذ الطبيعي Real Aperture Radar (RAR) بسبب أن درجة الوضوح المكانية (المعتمدة علي المسافة المقاسة) ستكون خشنة جدا (أو كبيرة جدا) بدرجة تجعلها غير عملية. وفي هذه الحالة فأن السبيل الوحيد للحصول علي درجة وضوح مكانية ناعمة (أو صغيرة) هو استخدام حزمة ضيقة جدا جدا مما يتطلب أنتنا طويلة جدا جدا (عدة كيلومترات!). ومن ثم فأننا في حاجة لرادار المنفذ الصناعي SAR الذي يحاكي (صناعيا) هذه الأنتنا الطويلة.

ج ٤: بصورة عامة فأن لمعان المرئية يزداد كلما زاد محتوي الرطوبة. لكن في حالة الفيضان (أو الغمر الكلي) فأن السطح سيكون مغمورا تماما بالمياه ومن ثم فستظهر هذه المناطق داكنة في المرئية، حيث أن الماء يعمل كمفرق لطاقة الرادار بعيدا عن المستشعر. أما ان كانت المحاصيل غير مغمورة تماما فأنها ستظهر بدرجة لامعة لحد ما. أي أن درجة الغمر أو الفيضان ستؤثر علي الصورة التي تظهر بها هذه المحاصيل علي المرئية الرادارية.

ج ٥: قبل التفسير البصري للمرئية الرادارية يجب تطبيق عدة خطوات تشمل:

- تحويل المسافة المائلة slant range الي مسافة أرضية ground range، وهو ما يتيح لنا ازالة تأثير التشوه في مقياس الرسم مما سيجعل الأهداف تظهر بصورة نسبية صحيحة في الحجم علي امتداد المسار كله وأيضا سيجعل المسافات علي الأرض صحيحة.
- تصحيح نمط الأنتنا antenna pattern وهو ما سيوفر درجة لمعان متجانسة لكل المرئية وبالطبع سيجعل التفسير البصري للأهداف أسرع و أسهل.
- تقليل تأثير البقع speckle لأقصي درجة ممكنة. وكما سبق الذكر فأنه طالما لا نحتاج لتحليل دقيق للأهداف الصغيرة فأن عملية تقليل البقع ستقلل من درجة الوضوح ومن ثم سيكون تفسير المرئية أبسط.
- جعل المجال الديناميكي للمرئية عند مستوي ٨ بت (أي ٢٥٦ مستوي من تدرج اللون الرمادي) ليكون مناسبا للعين البشرية (التفسير البصري) وحتى للتفسير الالي حيث أن زيادة المستوي عن هذا الحد لن يكون مفيدا.

ج ٦: تعتمد الاستجابة الانعكاسية backscatter response للأهداف علي المرئيات الرادارية علي عدة عوامل منها:

- أطوال الموجات المختلفة أو الترددات المختلفة للرادار سينتج عنها اختلافات طبقا للاختلاف في حساسيتها لخشونة الأسطح وهذا بالطبع ما يؤثر في كمية الطاقة المنعكسة.
- استخدام حالات مختلفة للقطبية سيؤثر أيضا في كيفية تفاعل الطاقة مع الأهداف ومدي الطاقة التي يمكن أن تنعكس مرة أخري للرادار.
- الاختلاف في هندسة الرؤية viewing geometry (شاملا زاوية السقوط و زاوية الرؤية وتوجيه الرادار مع الأهداف) يلعب دورا مؤثرا في كمية الطاقة المنعكسة.
- التغير في محتوي الرطوبة للهدف يؤثر كذلك في كمية الانعكاسات منه.

الفصل الخامس

تطبيقات الاستشعار عن بعد

٥-١ مقدمة

لكل مستشعر من المستشعرات هدفا مخصصا، فالمستشعرات البصرية مصممة بالتركيز علي النطاقات الطيفية التي سيتم جمع بياناتها بينما لمستشعرات الرادار فأن زاوية السقوط و نطاق الموجات القصيرة يلعبان دورا حيويا في تحديد التطبيقات المناسبة لهذه المرئيات. ان لكل تطبيق من تطبيقات الاستشعار عن بعد متطلباته في درجة الوضوح المكانية و درجة الوضوح الطيفية و درجة الوضوح الزمنية (فترة اعادة الزيارة). فعلي سبيل المثال فأن مرئية أحادية النطاق (أي غير ملونة) لن تكون حساسة لتمييز صحة النباتات بسبب ان تغير مستوي الكلوروفيل لن يكون كبيرا في النطاق الاحمر من الاشعة المرئية. وكمثال اخر فان تطوير خرائط يتطلب مستوي دقيق من درجات الوضوح المكانية. أيضا فهناك العديد من التطبيقات التي تتطلب فترة قصيرة لإعادة الزيارة مثل تطبيقات متابعة تسرب الزيت وحرائق الغابات وحركة الكتل الجليدية في المحيطات، بينما هناك تطبيقات أخري قد يكون مناسبا لها اعادة الزيارة بصفة موسمية فقط (مثل تمييز المحاصيل الزراعية). بل ربما يتم استخدام أكثر من مستشعر لمعالجة متطلبات تطبيق معين.

٥-٢ تطبيقات زراعية

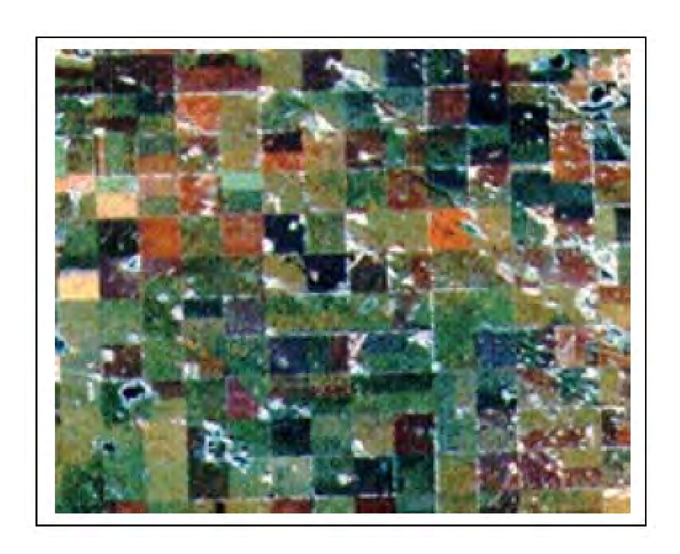
تلعب الزراعة دورا رئيسا في اقتصاد الدول المتقدمة و الدول النامية علي السواء. فإنتاج الغذاء هام لكل فرد، والإنتاج بصورة اقتصادية هو الهدف للمزارع البسيط و للمؤسسات الزراعية الكبري. ومن ثم فهناك حاجة رئيسية لمعرفة او تقدير المنتج (كما و جودة) للتحكم في السعر ومتطلبات التجارة الدولية.

تستخدم الصور الجوية و المرئيات الفضائية كأدوات تقنية لتطوير الخرائط الخاصة بتحديد انواع المحاصيل و فحص صحتها و جودتها ومراقبة العمليات الزراعية، وتضم التطبيقات الزراعية للاستشعار عن بعد:

- تحديد أنواع المحاصيل
- تقييم حالات المحاصيل
- تقدير الانتاج
- خرائط حالات التربة
- خرائط ادارة التربة
- متابعة خطوات الزراعة

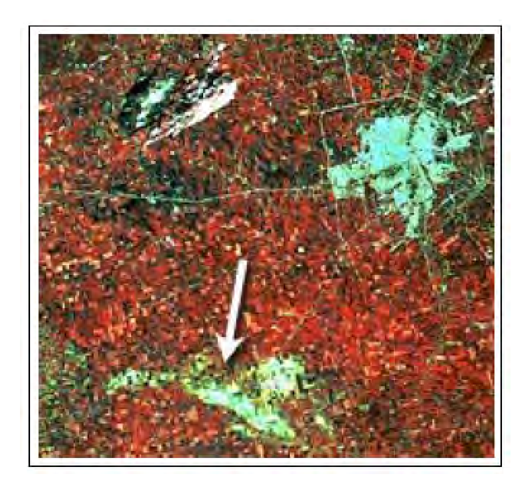
يعد تحديد نوع المحصول عاملا هاما لعدة أسباب منها ان معرفة نوع حصول معين سيستخدم في تقدير انتاجه ومعرفة وقت حصاده وأيضا متابعة حالة التربة وتقدير الخسائر في حالة التعرض لعناصر طبيعية مثل العواصف و الفيضانات. وكانت الطرق التقليدية لمعرفة انواع المحاصيل

تعتمد علي السجلات الزراعية و الزيارات الميدانية. والآن اصبح الاستشعار عن بعد وسيلة اقتصادية عالية الكفاءة لتجميع المعلومات وتحديد انواع المحاصيل. بل ان الاستشعار عن بعد يقدم اكثر من ذلك حيث يمكن الحصول علي معلومات عن صحة المحصول ومتابعة مراحل نموه من خلال المرئيات متعددة النطاقات. أيضا فان مرئيات الرادار يمكنها توفير معلومات اضافية عن التوزيع و التركيب و محتوي الرطوبة، ومن ثم فأن دمج بيانات من كلا نوعي المستشعرات (البصرية و الرادارية) يوفر كفاءة افضل في التصنيف الدقيق لأنواع المحاصيل. وتعد نتائج تفسير و تحليل المرئيات كبيانات مدخلة input لنظم المعلومات الجغرافية GIS لتكوين قواعد بيانات زراعية رقمية.



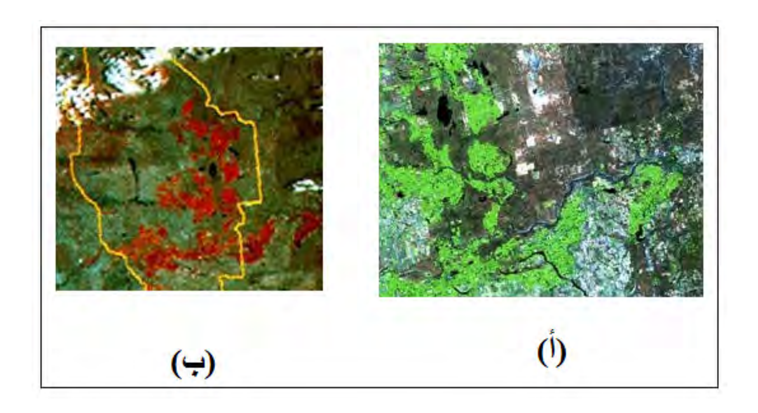
شكل (٥-١) تحديد أنواع المحاصيل

يعد تقدير صحة المحصول و الاكتشاف المبكر لأي أمراض من العوامل الهامة للحصول علي انتاج وراعي جيد. فمن الضروري اكتشاف ومعالجة أية عوامل اجهاد ناتجة عن قلة المحتوي المائي بالإضافة لأية أمراض أو اصابات قد تحدث للمحصول. وهذه المراقبة تتطلب الحصول علي مرئيات بصورة متكررة (بحد أقصي أسبوعيا) وتوفيرها للمزارعين بسرعة (عادة في خلال يومين). أيضا تستخدم بيانات الاستشعار عن بعد في تحديد معدلات نمو النباتات فقد تكون هناك معدلات نمو مختلفة في المزرعة الواحدة نتيجة نقص النترات أو الأسمدة علي سبيل المثال. وبتوفير هذه البيانات للمزارعين فيمكنهم اتخاذ القرار السليم وتحديد نوع و كمية السماد المطلوب. أيضا فأن بيانات الاستشعار عن بعد تساعد في تحديد الضرر الناتج عن ظروف الطقس مثل تأثير الجفاف أو الرطوبة العالية. فالمرئيات لا تساعد فقط في اكتشاف المشكلات بل انها تستخدم للإدارة الجيدة للعملية الزراعية.



شكل (٥-٢) تحديد مشكلات المحاصيل

تحتوي النباتات الصحيحة (ذات صحة جيدة) علي كميات كبيرة من مادة الكلوروفيل، ومن ثم فأن انعكاساتها في النطاقين الأزرق و الأحمر من الضوء المرئي سيكون قليلا حيث أن الكلوروفيل يمتص الطاقة في هذين النطاقين. إلا أن الانعكاس في اللوم الأخضر و في الأشعة تحت الحمراء القريبة سيكون عاليا. وعلي العكس فأن النبات المريض لن يحتوي علي كم كبير من الكلوروفيل، ومن هنا فأن استخدام النطق الأخضر المرئي و نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة في المرئيات سيكون مفيدا لاكتشاف أمراض النباتات. ومن خلال فحص المعامل الطبيعي الفرقي للنباتات (المعروف اختصارا بمصطلح NDVI Normalized Difference Vegetation Index كما ذكرنا في الفصل الثالث) بجد أن النبات السليم سيكون له معامل NDVI عالي بينما النبات المريض سيكون معامل NDVI له منخفضا. ففي المثال التالي "أ" (مرئية ملونة) نري أن المنطقة المروية ستظهر بلون أخضر فاتح بينما المنطقة الجافة ستكون بلون غامق. أما المثال الثاني "ب" (مرئية ملونة وأشعة تحت حمراء) فالنبات الصحي السليم سيظهر بلون أحمر فاتح.

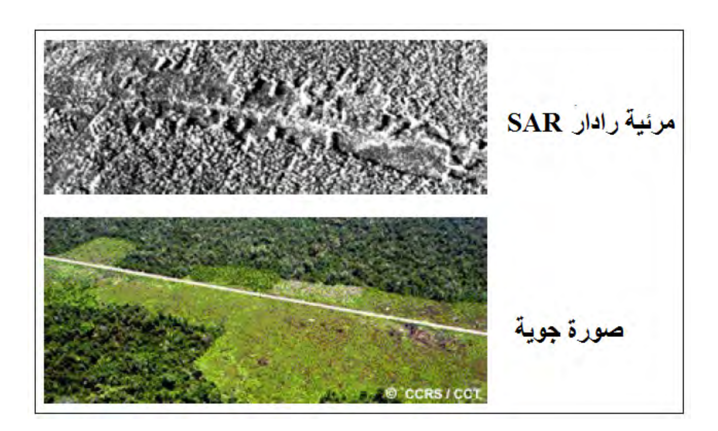


شكل (٥-٣) تحديد صحة النباتات

٥-٣ تطبيقات مراقبة ازالة الغابات

يعد ازالة الغابات deforestation مشكلة عالمية كبري لها تأثيرات متعددة. فعلي سبيل المثال ففي أوروبا فأن التلوث الصناعي قد دمر نسبة كبيرة من أراضي الغابات وخاصة في جمهوريات التشيك و ألمانيا و بولندا. أيضا ففي البلدان الاستوائية فأن ازالة الغابات قد دمر الكثير من الاراضي الزراعية و المراعي في أفريقيا و اسيا و أمريكا اللاتينية. وجدير بالذكر فأن فقدان الغابات يؤدي الي زيادة تعرية التربة و ملوحة الأنهار ويؤثر علي الحياة البرية ومصادر مياه الشرب بالإضافة للإنتاج الزراعي.

يعد الاستشعار عن بعد - مع أدوات أخري - الي تحليل أفضل لمشكلة ازالة الغابات. فالمرئيات متعددة النطاقات توفر وسيلة جيدة لتحليل التغيرات change detection analysis، حيث يتم دمج مرئيات من سنوات سابقة مع مرئيات حديثة ومن ثم قياس الفروق في مساحة و امتداد الغابات. أيضا يمكن الاستفادة من المرئيات الرادارية في تحديد المناطق الأكثر عرضة لهذه المشكلة وتحديد أسبابها. وفي البلدان التي يسمح بها بقطع الأشجار فأن الاستشعار عن بعد يكون أداة جيدة لمراقبة مناطق و مواصفات هذه الأنشطة. وعلي النطاق العالمي وخاصة لمبادرات منظمة الأمم المتحدة فأن مرئيات الاستشعار عن بعد توفر غطاء مكانيا واسعا كما أنها توفر تكامل البيانات و اتصالها.



شكل (٥-٤) مراقبة ازالة الغابات حول طريق

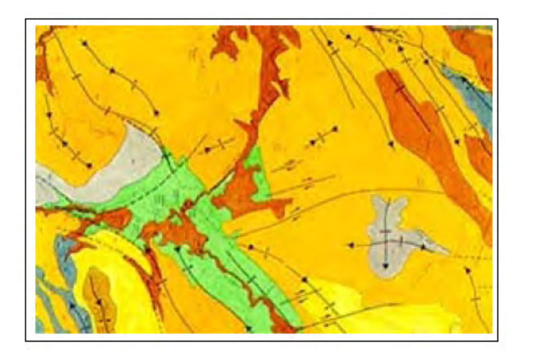
٥-٤ تطبيقات جيولوجية

يهتم علم الجيولوجيا بدراسة تراكيب و انواع سطح الارض والأسطح التحتية subsurface بهدف فهم العمليات الفيزيقية للقشرة الارضية. والصورة التقليدية للجيولوجيا هي استكشاف exploration و استخراج exploitation المعادن والموارد الهيدروكربونية مثل البترول. أيضا تشمل الجيولوجيا دراسة المخاطر الطبيعية مثل البراكين و الانزلاقات الارضية و الزلازل، ومن ثم فأن الدراسات الجيوتقنية تعد عاملا مهما في مشروعات الهندسة المدنية.

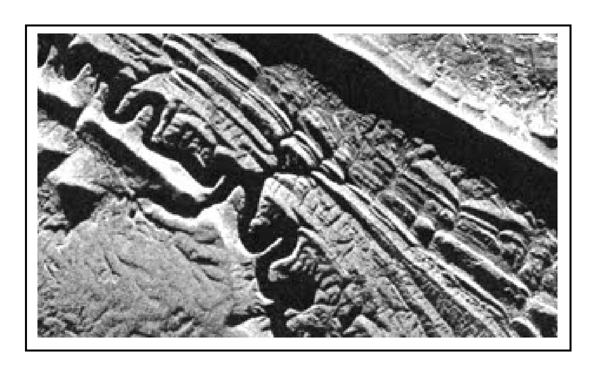
يقدم الاستشعار عن بعد وسيلة جيدة لاستخراج معلومات عن تراكيب سطح الارض والأسطح التحتية، لكنه عادة ما يكون مدعوما بمصادر أخري للبيانات تقدم قياسات مكملة. وتشمل التطبيقات الجيولوجية للاستشعار عن بعد:

- خرائط طبقة العمق bedrock mapping
- خرائط التراكيب الجيولوجية structural mapping
- استكشاف المعادن mineral exploration
- استكشاف موارد الهيدروكربونات hydrocarbon exploration
- استكشاف و استخراج الرمال والحصى sand and gravel exploration
- الجيولوجيا البيئية environmental geology

تلعب الجيولوجيا الانشائية structural geology دورا هاما في استخراج المعادن و البترول وأيضا في مراقبة المخاطر الطبيعية. وخرائط التراكيب الجيولوجية (الخرائط الانشائية) تحدد خصائص التراكيب مثل الفوالق و الصدوع، وهو ما يفيد في تفسير و مراقبة حركات القشرة الارضية crustal movements. وبالاستعانة بالقياسات التفصيلية للتراكيب الجيولوجية (مثل المسح الزلزالي seismic surveying) فيمكن تحديد الاماكن المحتملة للبترول و الغاز. ويقدم الاستشعار عن بعد رؤية أمثر شمولا لعناصر الخرائط الانشائية في منطقة اقليمية بدلا من مجرد معلومات عند نقاط أرضية محددة. وفي المناطق كثيفة الغطاء النباتي فأن مرئيات الرادار (وبسبب أنها حساسة للتغير في التضاريس) تقدم وسيلة عالية الكفاءة لبيان التراكيب الجيولوجية



شكل (٥-٥) مثال لخريطة التراكيب الجيولوجية



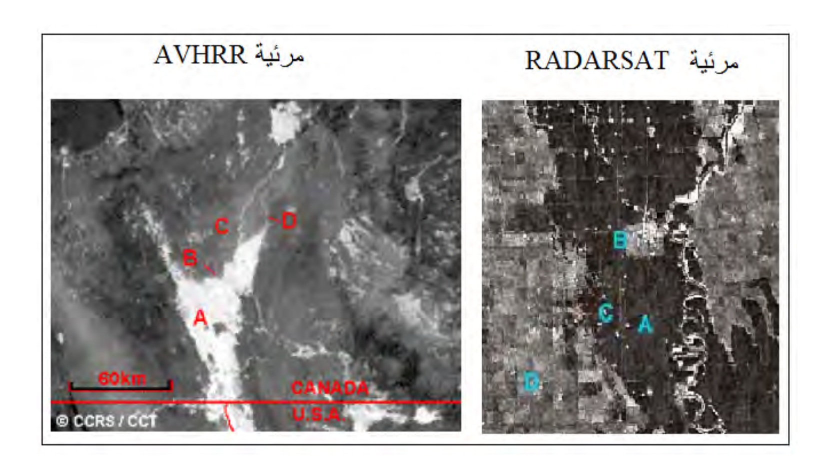
شكل (٥-٦) مثال لمرئية رادارية تبرز التراكيب الجيولوجية

٥-٥ تطبيقات هيدرولوجية

يهتم علم الهيدرولوجيا بدراسة المياه علي الأرض، سواء كانت مياه جوفية أو سطحية أو أمطار أو ثلوج. وعادة فأن معظم العمليات الهيدرولوجية تكون ديناميكية ليس فقط علي مر السنوات انما أيضا ما بين الفصول، ومن ثم فهي تتطلب أرصاد متكررة. وهذا أحد مميزات استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في الدراسات الهيدرولوجية، بالإضافة الي أن المرئيات قدم صورة واسعة عن طبيعة الظواهر الهيدرولوجية و تغيراتها. وتشمل التطبيقات الهيدرولوجية:

- مراقبة الانهار و البحيرات
- مراقبة و تطوير خرائط الفيضانات
- مراقبة حركة الجبال الثلجية glacier
- تحديد التغيرات في دلتا الأنهار
- تطوير الخرائط و مراقبة الأراضي المبللة
- تقدير رطوبة التربة
- مراقبة امتداد الثلوج
- قياس عمق الثلوج
- تطوير خرائط شبكات التصريف
- نمذجة الأحواض الهيدرولوجية
- اكتشاف التسرب في قنوات الري
- جدولة مواعيد الري

تعد الفيضانات ظاهرة طبيعية في الدورة الهيدرولوجية. والفيضان ضروري لزيادة خصوبة التربة من خلال اضافة مواد مغذية nutrients ورواسب صغيرة. لكن وعلي الجانب الاخر فأن الفيضانات قد تكون مدمرة وتتسبب في وفيات وأضرار كبيرة للبنية التحتية المدنية و الحضرية. وتستخدم تطبيقات الاستشعار عن بعد في مراقبة و قياس الحدود المكانية للمناطق التي تعرضت للفيضان، ومن ثم تحديد طرق الاخلاء والإنقاذ. ومع دمج بيانات الاستشعار عن بعد في اطار نظام معلومات جغرافي GIS فيمكن الحصول علي تقييم دقيق و سريع لمناسيب المياه و الأضرار والمناطق التي تعرضت لمخاطر الفيضانات. وتشمل قائمة المستفيدين من هذه التطبيقات علي سبيل المثال هيئات تخطيط المدن و إدارات الدفاع المدني و إدارات الأرصاد الجوية و شركات النقل و المواصلات و شركات التأمين. ويحتاج معظم هؤلاء المستخدمين الحصول علي البيانات بصورة شبه لحظية near real-time فعادة ما تكون فترة حدوث الفيضان فترة زمنية صغيرة نسبيا ويكون الطقس مشبعا بالغيوم و السحب الكثيفة. وفي مثل هذه الحالات يبرز دور المرئيات الرادارية للاستفادة منها في مراقبة الفيضانات. ومع اسقاط مرئيات تقنية SAR علي مرئيات بصرية سابقة لما قبل حدوث الفيضان، فيمكن تحديد المناطق التي تعرضت للغرق وتقييم مخاطر الفيضان.



شكل (٥-٧) أمثلة لتطبيقات المرئيات في مراقبة الفيضان

٥-٦ تطبيقات غطاءات و استخدامات الأرض

مع أن مصطلحي غطاء الأرض Land Cover و استخدام الأرض Land Use يستخدمان كما لو كانا يؤديان نفس المعني، إلا أن هناك فارقا بينهما. فغطاء الأرض يشير الي كل غطاء لسطح الأرض مثل النباتات و المنشئات المدنية و المياه و التربة ....الخ. ومن ثم فأن تحديد و تطوير خرائط لغطاء الأرض هام لدراسات المراقبة علي الصعيدين الاقليمي و الدولي ولإدارة الموارد الطبيعية ولأنشطة التخطيط. أما علي الجانب الآخر فأن استخدامات الأرض تشير الي الهدف الذي تخدمه الأرض مثل الزراعة و الحياة البرية. وتشمل تطبيقات استخدامات الأرض المراقبة و وتطوير الخرائط لبيان استخدام كل بقعة أرض وما يطرأ علي هذا الاستخدام من تغير مع مرور الزمن. ومن هنا فأن القياسات الناتجة من بيانات الاستشعار عن بعد تستخدم في استنباط بيانات غطاء الأرض ومنها يمكن استنباط استخدامات الأرض خاصة مع استخدام مصادر أخري من البيانات المكملة و المعرفة السابقة. وتشمل تطبيقات استخدامات الأرض:

- ادارة الموارد الطبيعية
- حماية الحياة البرية
- تطوير الخرائط كمدخل لنظم المعلومات الجغرافية
- التوسعات المدنية و الحضرية
- اكتشاف المخاطر و الأضرار (للحرائق و الفيضانات .... الخ)
- الحدود القانونية وحساب الضرائب

مع زيادة السكان يزداد التوسع العمراني للمدن، ومن ثم تتناقص استخدامات الأرض الزراعية علي أطراف هذه المدن. فتوسع المدن يعد مؤشرا للتمدن urbanization والتوسع الصناعي industrialization (أي التنمية development)، لكنه غادة ما يكون له أثرا سلبيا علي بيئة المنطقة. ويتم قياس التغير في استخدام الأرض (من الحضري الي المدني) بهدف تقدير زيادة السكان و التنبؤ والتخطيط لهذا التوسع العمراني من قبل المخططين. ومن هنا فأن تحليل استخدام الأرض الزراعي و المدني هام للتأكد من أن خطط التنمية العمرانية لا تجير علي الأرض الزراعية. وهنا يأتي دور تحليل بيانات الاستشعار عن بعد متعددة التاريخ، والتي توفر رؤية منطقية لتوسع المدن و امتدادها. والعامل الأساسي هنا في اكتشاف تغير استخدام الأرض (من الحضري الي المدني) هو التمييز بين الاستخدامات الحضرية (المزارع و الغابات) والاستخدامات المدنية للأرض (المناطق السكنية والمناطق الصناعية). وهنا يتم تطبيق طرق الاستشعار عن بعد لتصنيف أنواع استخدامات الأرض بصورة جيدة و دقيقة لمساحات شاسعة من الأرض وبصورة متكررة. وعادة فأن مثل هذه التطبيقات تعتمد علي درجة وضوح مكانية عالية بهدف تحديد التفاصيل المكانية وأيضا بيانات متعددة النطاقات لكي يمكن التمييز بين الاستخدامات المتعددة للأرض.

٥-٧ تطوير الخرائط

تعد الخرائط مكونا رئيسا من مكونات ادارة موارد الأرض، والخرائط في نفس الوقت هي أحد منتجات عملية تحليل بيانات الاستشعار عن بعد. فالخرائط الجغرافية و الموضوعية وخرائط الأساس لها أهمية كبيرة في عمليات التخطيط و المتابعة و التقييم لعمليات الادارة و الاستكشاف

والتخطيط. كما أن التمثيل الرقمي للارتفاعات و التضاريس (أي نماذج الارتفاعات الرقمية DEM) ودمجها في اطار نظم معلومات جغرافية حيوية في التطبيقات المدنية و العسكرية المعاصرة. والآن هناك طلب متزايد علي منتجات الاستشعار عن بعد للاستخدام في مجال تطوير الخرائط. وتشمل تطبيقات الخرائط:

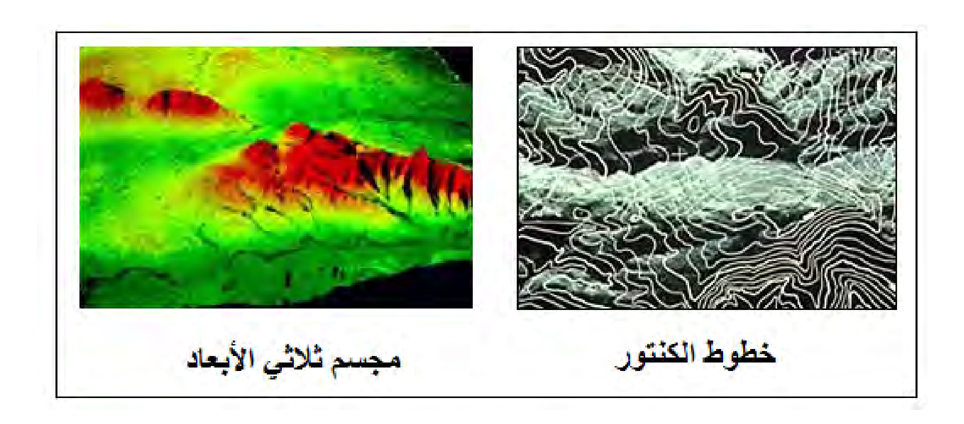
- الخرائط البلانيمترية
- الخرائط الطبوغرافية
- الخرائط الموضوعية
- نماذج الارتفاعات الرقمية

يشمل تطوير الخرائط البلانيمترية planimetry من تحديد و توقيع غطاءات الأرض الاساسية و شبكات الصرف والبنية التحتية و شبكات النقل و المواصلات في المستوي الأفقي x-y. وبصفة عامة فأن البيانات البلانيمترية (ثنائية الأبعاد) ضرورية للتطبيقات علي مستوي كبير large scale مثل التخطيط العمراني و ادارة الخدمات. يمكن استخدام طرق المساحة الأرضية وأيضا طرق الرصد علي الأقمار الصناعية مثل تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع GPS في الحصول علي بيانات و قياسات عالية الدقة. إلا أن هناك قيود عديدة تحد من استخدام هذه التقنيات خاصة أنها طرق مكلفة اقتصادية وتواجه مشاكل في مسح مناطق كبيرة أو مناطق نائية. وهنا يبرز الاستشعار عن بعد كوسيلة تقنية هامة في تطوير هذا النوع من الخرائط. وفي مثل هذا التطبيق فأن المرئيات عالية الوضوح المكاني تكون مطلبا أساسيا للحصول علي دقة عالية لهذه الخرائط. وفي حالة المناطق المغطاة بالسحب و الغيوم فأن المرئيات الرادارية تكون بديلا مناسبا.

يعد توافر نموذج ارتفاعات رقمي DEM مطلبا حيويا لعمل التصحيحات الهندسية و الراديومترية لمرئيات الاستشعار عن بعد، وأيضا لتطوير الخرائط الكنتورية ولتحليل تضاريس سطح الأرض. ففي العصر الحالي فأن معظم التطبيقات الخرائطية لا تعتمد فقط علي الخرائط البلانيمترية ثنائية الأبعاد. وقد تزايد الطلب علي نماذج الارتفاعات الرقمية مع انتشار تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية. وتوجد عدة مصادر لتطوير نموذج ارتفاعات رقمي مثل عمل قياسات لعدة نقاط باستخدام طرق المسح الأرضي و GPS، ثم تطبيق الطرق الرياضية لاستنباط interpolation اللارتفاعات بين هذه النقاط. لكن هذه الطرق التقليدية تستهلك الكثير من الوقت ومكلفة اقتصاديا و من الصعب التعامل معها في تطوير الخرائط علي مستوي اقليمي. ومن ثم فأن تطوير نماذج الارتفاعات الرقمية من بيانات الاستشعار عن بعد يقدم بديلا عالي الكفاءة. وهناك طريقتين رئيسيتين يتم تطبيقهما وهما: (١) القياس من الصور المزدوجة المتداخلة stereo-grammetry، (٢) التحليل الفرقي لبيانات الرادار Interferometry. فالأسلوب الأول يعتمد علي استخراج معلومات الارتفاعات (المناسيب) من المرئيات المتداخلة سواء من الصور الجوية أو من بعض أنواع المرئيات مثل SPOT و SAR. أما الطريقة الثانية فتعتمد علي تحليل بيانات عدة مسارات متتالية (أو طريقة الأنتنا المزدوجة) لمستشعرات SAR سواء الجوية أو الفضائية. وهذه الطريقة الأخيرة يمكنها توفير مستويات عالية من الدقة قد تصل الي عدة سنتيمترات للرادار الجوي أو عدة ديسيمترات للرادار الفضائي. ومن أمثل تطبيقات نماذج الارتفاعات الرقمية مراقبة تصدعات القشرة الأرضية وانخفاض الأراضي (نتيجة سحب المياه الجوفية) وحركة القشرة الأرضية نتيجة الزلازل و البراكين ومراقبة المنشئات الضخمة مثل السدود.



شكل (٥-٨) مرئيات رادار متداخلة



شكل (٥-٩) طرق تمثيل الارتفاعات

حديثا تزايد الطلب علي قواعد البيانات الرقمية الجغرافية والخرائط الرقمية سواء الطبوغرافية أو الموضوعية. وتتكون الخريطة الطبوغرافية من خطوط الكنتور بالإضافة للمعلومات البلانيمترية التفصيلية، وتخدم كقاعدة بيانات عامة للاستخدام المدني و العسكري أيضا. تطوير الخريطة الموضوعية الأساسية Baseline Thematic Mapping (أو اختصارا BTM) هي تكامل أو دمج بين مرئيات فضائية رقمية مع استخدامات و غطاءات الأرض ومعلومات طبوغرافية لكي تكون ما يعرف باسم الخريطة المصورة image map. وقد تم تطوير هذا النوع الجديد من الخرائط الموضوعية thematic maps لكي يأخذ في الاعتبار مميزات معالجة المرئيات و مميزات دمج عدة أنواع من المعلومات المكانية من عدة مصادر مما يزيد من امكانية عرض كم أكبر من المعلومات في صورة كارتوجرافية (أو خرائطية). وعادة ما تتكون الخريطة الموضوعية الأساسية (أو خريطة الأساس الموضوعية) من قواعد بيانات طبوغرافية و غطاء أرض و بنية تحتية. ويتم عرض معلومات موضوعية معينة علي خريطة الأساس لكي تخدم نوعا معينا من المستخدمين. أما عن دور الاستشعار عن بعد في هذا الموضوع فأن المرئيات تقدم معلومات مكملة للتفاصيل الموضوعية المعروضة، ومن ثم فتعمل كخريطة أساس base map. فعلي سبيل المثال فأن المرئيات متعددة النطاقات تعد ممتازة لتوفير معلومات تكميلية عن غطاء الأرض.



شكل (٥-١٠) مفهوم خريطة الأساس الموضوعية

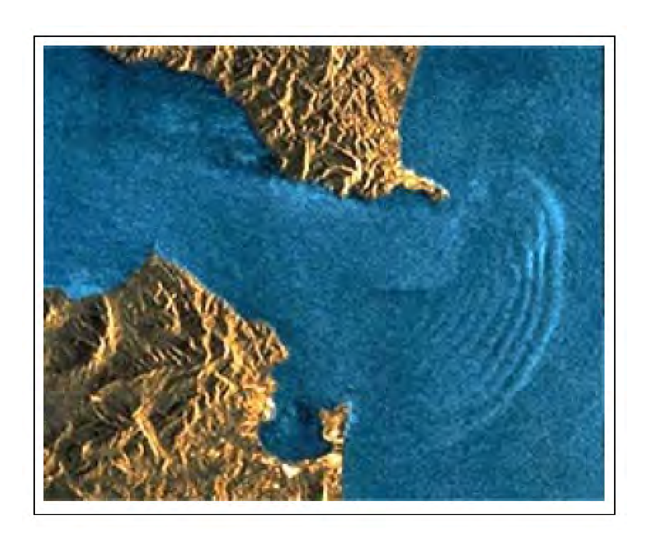
٥-٨ تطبيقات مراقبة المحيطات و الشواطئ

لا يقدم المحيط لنا الطعام فقط انما يعمل كخطوط نقل و مواصلات وله أهمية بالغة في نظام الطقس علي الأرض والحفاظ علي الدورة الهيدرولوجية للمياه. ومن هنا فأن فهم الطبيعة الديناميكية للمحيطات هام لتقدير حجم المخزون السمكي ولخطوط النقل البحرية ودراسة آثار الظواهر المناخية والتنبؤ بالعواصف ومن ثم تقليل مخاطرها. وتشمل دراسات المحيط: دراسة الرياح و التيارات (من حيث الاتجاه و السرعة و الارتفاع) وتحديد الأعماق البحرية bathymetry وأيضا دراسة حرارة المياه. وتشمل تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال مراقبة المحيطات:

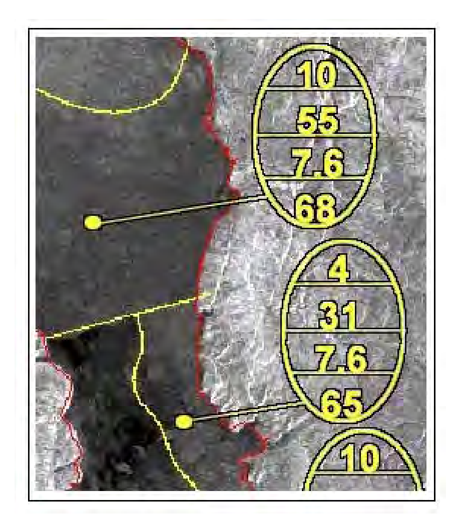
- تحديد أنماط المحيط (التيارات، أعماق المحيطات، مناطق المياه الضحلة، الموجات ...الخ).
- التنبؤ بالعواصف
- تقدير المخزون السمكي
- مراقبة درجات حرارة المياه
- مراقبة جودة المياه
- مراقبة تسرب الزيت من مواقع استخراجه البحرية
- الملاحة البحرية
- مراقبة تأثيرات المد و الجزر و العواصف
- تحديد الخط الفاصل بين البحر و الأرض
- مراقبة حركة خطوط الشواطئ
- تطوير خرائط الأهداف الشاطئية

تعد خطوط الشواطئ coastlines فاصلا حساسا بين المياه و الأرض وتتأثر بالتغيرات التي تحدث من العمليات الديناميكية للبحار و المحيطات. ومن المعلوم أن ٦٠% من سكان الأرض يعيشون في مناطق قريبة من المحيطات. ومن ثم فأنه من الضروري متابعة مراقبة تغيرات خطوط الشواطئ مثل التعرية الشاطئية و التمدن و التلوث. وهذه التطبيقات يمكن مراقبتها و اتطوير خرائط لها من خلال بيانات الاستشعار عن بعد.

شكل (٥-١١) مراقبة تسرب الزيت باستخدام المرئيات



شكل (٥-١٢) مراقبة التيارات البحرية باستخدام المرئيات



شكل (٥-١٣) تقدير أعماق الثلوج باستخدام المرئيات

المراجع و المواد التدريبية

أولا: المراجع

NRC (Natural Resources Canada), Fundamentals of remote sensing, A free tutorial (accessed Feb. 5, 2015) available at:

http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals_e.pdf

ثانيا: المواد التدريبية على مواقع الانترنت

(١) كتب باللغة العربية:

الحسن، عصمت محمد (٢٠٠٧) معالجة الصور الرقمية في الاستشعار عن بعد، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية. متاح في الرابط:

http://colleges.ksu.edu.sa/Engineering/final%20Report/CE-06-27-28.pdf

المؤسسة العامة للتدريب التقني و المهني (١٤٢٩هـ) مقرر الاستشعار عن بعد: نظري، الرياض، المملكة العربية السعودية. ملف pdf متاح في الرابط:

http://www.tvtc.gov.sa/Arabic/Departments/Departments/cdd1/Tr/boo1/arch3/Documents/الإستشعار%٢٠عن%٢٠بعد.pdf

(٢) محاضرات باللغة العربية:

عبده، وساد الدين محمد (٢٠٠٧) مجموعة محاضرات عملية في الاستشعار عن بعد باستخدام برنامج ايرداس. متاحين في عدة مواقع منهم:

http://www.4shared.com/file/49212560/ca18ec01/____.html

https://uqu.edu.sa/page/ar/64182

http://www.slideshare.net/WisamMohammed/intorductin-to-remote-sensing

المؤسسة العامة للتدريب التقني و المهني (١٤٢٩هـ) مقرر الاستشعار عن بعد: عملي، الرياض، المملكة العربية السعودية. ملف الشرح pdf متاح في الرابط:

http://www.tvtc.gov.sa/Arabic/Departments/Departments/cdd1/Tr/boo1/arch3/Documents/الإستشعار%٢٠عن%٢٠بعد%٢٠عملي.pdf

والبيانات التدريبية لهذا المقرر (٣ ملفات مضغوطة) متاحة أيضا في الروابط:

http://www.tvtc.gov.sa/Arabic/Departments/Departments/cdd1/Tr/boo1/arch3/Documents/الاستشعار%٢٠عن%٢٠بعد%٢٠عملي%٢٠داتا-١.zip

http://www.tvtc.gov.sa/Arabic/Departments/Departments/cdd1/Tr/boo1/arch3/Documents/الاستشعار%٢٠عن%٢٠بعد%٢٠عملي%٢٠داتا-٢.zip

http://www.tvtc.gov.sa/Arabic/Departments/Departments/cdd1/Tr/boo1/arch3/Documents/الاستشعار%٢٠عن%٢٠بعد%٢٠عملي%٢٠داتا-٣.zip

(٣) ملفات فيديو باللغة العربية:

مراحل تطور الاستشعار عن بعد:
https://www.youtube.com/watch?v=VR8SUGh0w1k

ما هو الاستشعار عن بعد:
https://www.youtube.com/watch?v=RPajvg0jyDA

تطبيقات الاستشعار عن بعد:

https://www.youtube.com/watch?v=GX-AFEOz6as

تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد (مجموعة محاضرات):

https://www.youtube.com/watch?v=nsziLoLrZlI&list=PLDVAhbLthqp00wCzxwtxZ7TK-dz8Cgs3U&index=4

مجموعة محاضرات الاستاذ سعيد عسيري في استخدام برنامج ايرداس ٩.١:

انتاج الخريطة:
https://www.youtube.com/watch?v=hsmZkHggOi4

تصيح الصور باستخدام نقاط التحكم الأرضية:
https://www.youtube.com/watch?v=JEfbdMtHa00

التحسين الطيفي و تحليل المكونات:
https://www.youtube.com/watch?v=qhpXSYzV38o

اقتطاع صورة بشكل منتظم:
https://www.youtube.com/watch?v=pGHlknG0yeQ

اقتطاع صورة بشكل غير منتظم:
https://www.youtube.com/watch?v=QrJN0LaY6wg

التحسين الرقمي و المكاني للصور:
https://www.youtube.com/watch?v=BGmf-TdVS-U

دمج أكثر من مرئية:
https://www.youtube.com/watch?v=Wa7r7FHBjoc

(٤) ملفات فيديو باللغة الانجليزية:

Basics of remote sensing:
https://www.youtube.com/watch?v=EYQsXs1Jr0Y

Introduction to remote sensing:
https://www.youtube.com/watch?v=7YIcplNvNZo

What is remote sensing?:
https://www.youtube.com/watch?v=8HhfJsiYenE

Remote sensing and GIS (9 videos):
https://www.youtube.com/playlist?list=PL4yW3VGpke3jM2Mc3gAL0HpZucqFcTy8J

ERDAS software (20 videos):
https://www.youtube.com/watch?v=VjvYkHhR-mU&list=PLNjXoMD8MVuCu5Pu5PuC7cHG3MGZie1-D

المصطلح بالعربية	المصطلح الأصلي بالانجليزية
الامتصاص	Absorption
المسح ضد المسار	Across-track scanning
مستشعرات موجبة أو ايجابية	Active sensors
المسح عبر المسار	Along-track scanning
الألتيمتر (مستشعر)	Altimeters
ارتفاع	Altitude
تناظري-الي-رقمي	Analog-to-digital
تحليل	Analysis
طبق استقبال أو أنتنا	Antenna
منفذ	Aperture
المسار الصاعد	Ascending pass
التواجد	Association
الغلاف الجوي	Atmosphere
تصحيح أخطاء الغلاف الجوي	Atmospheric correction
مستشعر الراديومتر المتقدم عالي الدقة جدا	AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer
نطاق	Band
خريطة أساس	Base map
تحديد الأعماق البحرية	Bathymetry
عرض الحزمة	Beam width
الاستنباط الخطي المزدوج	Bilinear interpolation
المعايرة	Calibration
تحليل التغيرات	Change detection analysis
قناة	Channel
درجة وضوح مكانية خشنة أو قليلة	Coarse or low resolution
خطوط الشواطئ	Coastlines
التباين	Contrast
زيادة تباين المرئية	Contrast stretching
قطبية متعامدة	Cross-polarized
الالتفاف التكعيبي	Cubic convolution
نماذج الارتفاعات الرقمية	DEM: Digital Elevation Model
المسار الهابط	Descending pass
متحسسات	Detectors
الانعكاس الانتشاري	Diffuse reflection

المصطلح بالعربية	المصطلح الأصلي بالانجليزية
الاكتشاف الرقمي للتغيرات	Digital change detection
التصنيف الرقمي للمرئيات	Digital image classification
القيمة الرقمية	Digital Number (DN)
طريقة التداخل الفرقي لرادار المنفذ الصناعي	DInSAR: Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar
تشوه	Distortion
الخطوط المتساقطة	Dropped lines
نماذج التضاريس الرقمية	DTM: Digital Terrain Models
زمن الكمون	Dwell time
الصدي	Echoes
مجال كهربائي	Electrical field
طاقة كهرومغناطيسية	Electromagnetic energy
المجال الكهرومغناطيسي	Electromagnetic spectrum
مصدر طاقة	Energy source
معامل النباتات المحسن	EVI: Enhanced Vegetation Index
درجة وضوح مكانية دقيقة أو عالية	Fine or high resolution
خط الطيران	Flight direction
البعد البؤري	Focal length
المستوي البؤري	Focal plane
التقصير العلوي	Foreshortening
التردد	Frequency
نقاط الضبط الأرضي	GCP: Ground Control Points
تشوه هندسي	Geometric distortion
التسجيل الهندسي	Geometric registration
مدارات ثابتة مع الارض	Geostationary orbits
نظم المعلومات الجغرافية	GIS: Geographic Information Systems
القمر البيئي العامل الثابت	GOES: Geostationary Operational Environmental Satellite
النظام العالمي لتحديد المواقع	GPS: Global Positioning System
المسافة الأرضية	Ground distance
محطة استقبال أرضية	GRS: Ground Receiving Station
الفلتر عالي المسار	High-pass filter
الامتداد المتساوي البياني	Histogram-equalized stretch

المصطلح بالعربية	المصطلح الأصلي بالانجليزية
النظام المرئي عالي الدقة	HRV: High Resolution Visible
المستشعرات عالية الوضوح الطيفي	Hyperspectral sensors
مجال الرؤية اللحظية	IFOW: Instantaneous Field of View
مرئية	Image
قسمة المرئيات	Image division
الرسم البياني للمرئية	Image histogram
طرح المرئيات	Image subtraction
زاوية السقوط	Incidence angle
التوسع الصناعي	Industrialization
أصناف أو طبقات المعلومات	Information classes
الاشعة تحت الحمراء	Infrared
طريقة تداخل رادار المنفذ الصناعي	InSAR: Synthetic Aperture Radar Interferometry
قوة الاضاءة	Intensity
شكل الفرق الطوري	Interferogram
التحليل الفرقي للبيانات	Interferometry
تفسير	Interpretation
الأقمار الهندية للاستشعار عن بعد	IRS: Indian Remote Sensing
غطاء الأرض	Land Cover
استخدام الأرض	Land Use
الطرح العلوي	Layover
التحسس و قياس المسافات بالراديو	LiDAR: Light Detection And Ranging
قطبية متشابهه	Like-polarized
زاوية النظر	Look angle
الفلتر منخفض المسار	Low-pass filter
مجال مغناطيسي	Magnetic field
جهاز راديومتر المايكروويف	Microwave radiometer
الموجات القصيرة أو المايكروويف	Microwaves
الأقمار الصناعية للأرصاد البحرية	MOS: Marine Observation Satellite
ماسح متعدد النطاقات	MSS: Multi-spectral scanner
المعالجة متعددة المنظر	Multi-look processing
مرئيات متعددة الوضوح المكاني	Multi-resolution images

المصطلح بالعربية	المصطلح الأصلي بالانجليزية
المستشعرات متعددة الوضوح الطيفي	Multi-spectral sensors
المرئيات متعددة الوضوح الزمني	Multi-temporal images
نقطة النديرِ	Nadir point
المعامل الطبيعي الفرقي للنباتات	NDVI: Normalized Difference Vegetation Index
الجار الأقرب	Nearest neighbor
مدارات شبه قطبية	Near-polar orbits
البصمة الرقمية	Numerical signature
مستشعر مصور الأرض الفعال	OLI: Operational Land Imager
مستشعر بصري سالب	Optical passive sensor
مدار	Orbit
دورة كاملة من المدارات	Orbital cycle
توجيه	Orientation
التداخل	Overlap
أبيض و أسود أو بانكروماتية أو أحادية النطاق	Panchromatic
مستشعرات سالبة أو سلبية	Passive sensors
نمط	Pattern
فرق الطور	Phase difference
القياس من الصور الجوية	Photogrammetry
صور جوية	Photographs
الخلايا او البكسل	Pixels
منصة	Platform
قطبية الاشعاع	Polarization
يمكن التنبؤ به	Predictable
المعالجة الأولية	Pre-processing
تحليل المركبات الرئيسية	Principal components analysis
منشور	Prism
معالجة	Processing
بقع الرادار	Radar speckle
الرادار: التحسس وقياس المسافات بالراديو	RADAR: RAdio Detection And Ranging
القياس من الرادار	Radargrammetry
اشعاعات	Radiances
موجات الراديو	Radio waves

المصطلح بالعربية	المصطلح الأصلي بالانجليزية
التصحيح الراديومتري	Radiometric correction
درجة الوضوح الراديومترية	Radiometric resolution
رادار المنفذ الحقيقي	RAR: Real Aperture Radar
المرئية الخام	Raw image
استقبال	Reception
الأشعة تحت الحمراء الانعكاسية	Reflected infrared
ازاحة التضاريس	Relief displacement
الاستشعار عن بعد	Remote sensing
فترة اعادة الزيارة	Revisit period
خطأ تربيعي متوسط	RMS: Root Mean Square error
خشن	Rough
الجريان السطحي	Runoff
الكثبان الرملية	Sand dune
رادار المنفذ الاصطناعي	SAR: Synthetic Aperture Radar
أقمار صناعية	Satellites
المسح الضوئي	Scanning
التشتت	Scattering
السكاتروميتر (مستشعر)	Scatterometers
أجهزة الاستشعار أو المستشعرات	Sensors
الظل	Shadow
المسافة المائلة	Slant range distance
أملس أو ناعم	Smooth
تسوية أو نعومة	Smoothing
مكوك الفضاء	Space shuttle
الفلتر (أو المصفاة) المكاني	Spatial filtering
درجة الوضوح المكانية	Spatial resolution
الأصناف أو الطبقات الطيفية	Spectral classes
منحنيات الانبعاث الطيفي	Spectral emissivity curves
ادراك الأنماط الطيفية	Spectral pattern recognition
درجة الوضوح الطيفية	Spectral resolution
التفاعل الطيفي	Spectral response
الانعكاس الارتدادي	Specular reflection
سرعة الضوء	Speed of light

المصطلح الأصلي بالانجليزية	المصطلح بالعربية
SPOT: Systeme Pour l'Observation del la Terre	أقمار سبوت
Steerable sensors	مستشعرات متحركة
Stereo radar	الرادار المزدوج أو الاستريسكوبي
Stereoscope	جهاز الاستريسكوب
Sub-classes	طبقات فرعية
Sun-synchronous orbits	مدارات متزامنة مع الشمس
Suspended sediments	مواد عالقة
Sustainable development	التنمية المستدامة
Swath	صف التحسس
Sweep	تأرجح
SWIR: Short Wave Infra Red	الأشعة تحت الحمراء القصيرة
Synthesized antenna	الأنتنا الاصطناعية
Systematic striping	الشرائح المنتظمة
Temporal resolution	درجة الوضوح المؤقتة أو الزمنية
Texture	نسيج
Thematic map	خريطة موضوعية
Thermal infrared	الأشعة تحت الحمراء الانبعاثية أو الحرارية
Three-dimensional imagery	المرئيات ثلاثية الأبعاد
TIRS: Thermal Infrared Sensor	مستشعر الاشعة تحت الحمراء الحرارية
TM :Thematic Mapper	الماسح الموضوعي
Tone	درجة اللون
Transmission	ارسال ، وأيضا نفاذ
Ultraviolet	الاشعة فوق البنفسجية
Urban sprawl	النمو العمراني
Urbanization	التمدن
Visible spectrum	المجال الكهرومغناطيسي المرئي
Visual interpretation	تفسير بصري أو بشري
Wavelength	طول الموجة
Weight	وزن (معامل الأهمية)

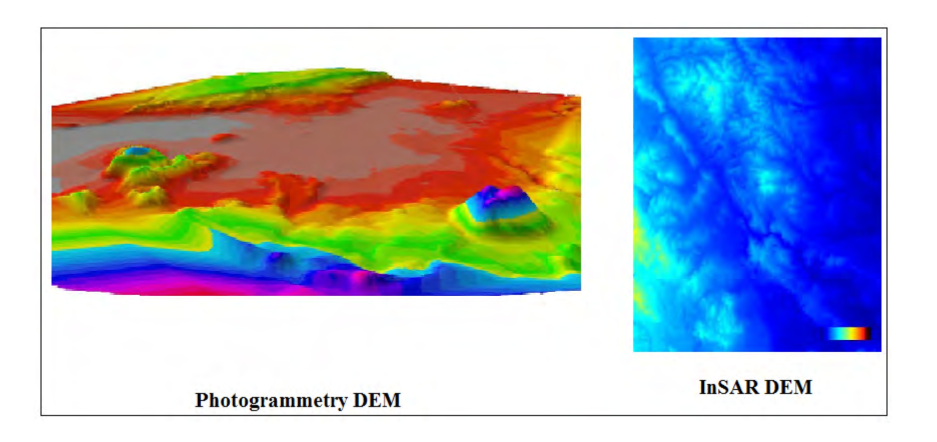
مقدمة

يهدف هذا الملحق الي القاء الضوء (بصورة ملخصة و سريعة) علي بعض الدراسات التطبيقية (وخاصة المنشورة حديثا في السنوات الأخيرة) كأمثلة فقط لاستخدامات الاستشعار عن بعد في عديد من المجالات سواء في الدول الأجنبية أو العربية. وتوجد في نهاية الملحق قائمة بالمراجع التي تم عرضها ليمكن للمهتمين الرجوع الي النص الكامل لأية دراسة من الدراسات المعروضة والإطلاع عليها تفصيلا. كما يمكن أن تصلح هذه الموضوعات كأفكار لرسائل أكاديمية (ماجستير مثلا) لطلاب و طالبات الجامعات العربية.

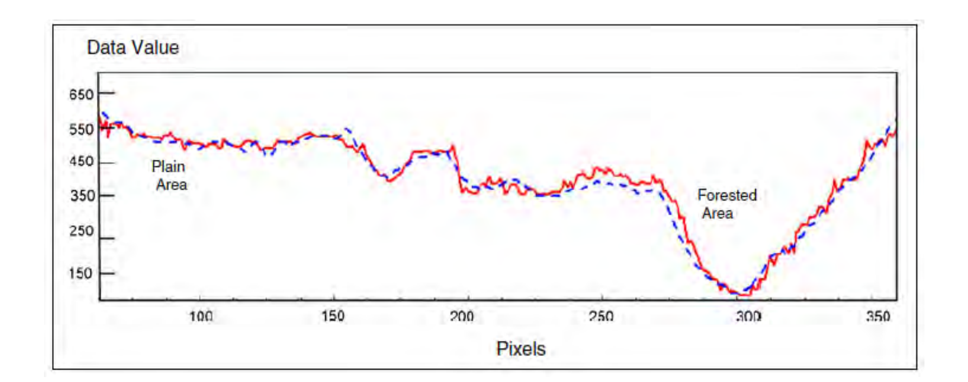
(١) استنباط نماذج الارتفاعات الرقمية من مرئيات الرادار

يتم تحديد طبوغرافية تضاريس الأرض من خلال طرق المساحة الأرضية مثل أجهزة المحطات الشاملة و أجهزة الرصد علي الأقمار الصناعية GPS و أجهزة الميزان. إلا أن هذه التقنيات تقيس الارتفاعات عند نقاط محددة وعادة ما تكون مكلفة اقتصاديا عند العمل في مناطق شاسعة. ومن هنا فأن بيانات الاستشعار عن بعد تعد بديلا تقنيا مناسبا للتغلب علي هذه العقبات. ويمكن للمستشعرات السالبة أن تنتج نماذج ارتفاعات رقمية DEM بدقة في حدود ١٠ أمتار، وهي دقة تعد مناسبة لكثير من التطبيقات. أما المستشعرات الموجبة (الرادار) فقد أصبحت حديثا منتشرة التطبيق في عدد من المجالات، ومن هذه التقنيات طريقة تداخل رادار المنفذ الصناعي Synthetic Aperture Radar Interferometry (أو اختصارا InSAR).

قامت هذه الدراسة باستخدام مرئيات InSAR من القمر الاوروبي ERS-2 ومعالجتها باستخدام برنامج DORIS بهدف استنباط نموذج ارتفاعات رقمية لمنطقة الدراسة. ثم تم عمل مقارنة بين هذا النموذج المستنبط و نموذج ارتفاعات رقمية دقيق لنفس المنطقة مستنتج من مسح جوي.



وأشارت النتائج الي أن دقة نموذج ارتفاعات InSAR تختلف من منطقة الي أخري طبقا لطبيعة التضاريس و المنطقة ذاتها. فهذه الدقة تكون جيدة في الاراضي المسطحة والمفتوحة لكنها تتناقص في مناطق الغابات. ففي المناطق المسطحة و المفتوحة بلغ فرق الارتفاع المتوسط المطلق (بين كلا نموذجي الارتفاعات الرقمية) ٠.٩ متر، بينما ازداد الي ما بين ١.٥ و ٢.٠ متر في مناطق الغابات. أي أن فرق الارتفاع المتوسط بصفة عامة في حدود ١.٣ متر.

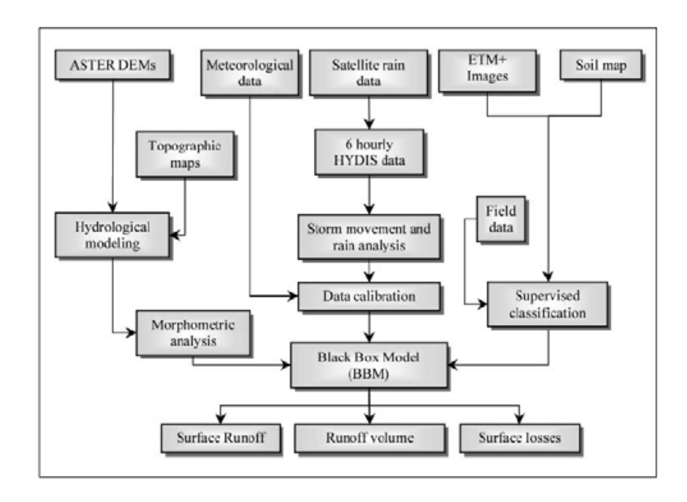


من هنا يمكن القول أن نماذج الارتفاعات الرقمية المستنبطة من مرئيات الرادار لم تبلغ بعد الدقة المطلوبة للأغراض المساحية و الكارتوجرافية، لكنها مناسبة للعديد من التطبيقات التي لا تتطلب مستويات دقة عالية (مثل مسح مناطق شاسعة). فهذه النماذج الرقمية توفر الوقت و التكلفة المادية عند مقارنتها بأعمال المسح الأرضي أو المسح الجوي أو قياسات GPS.

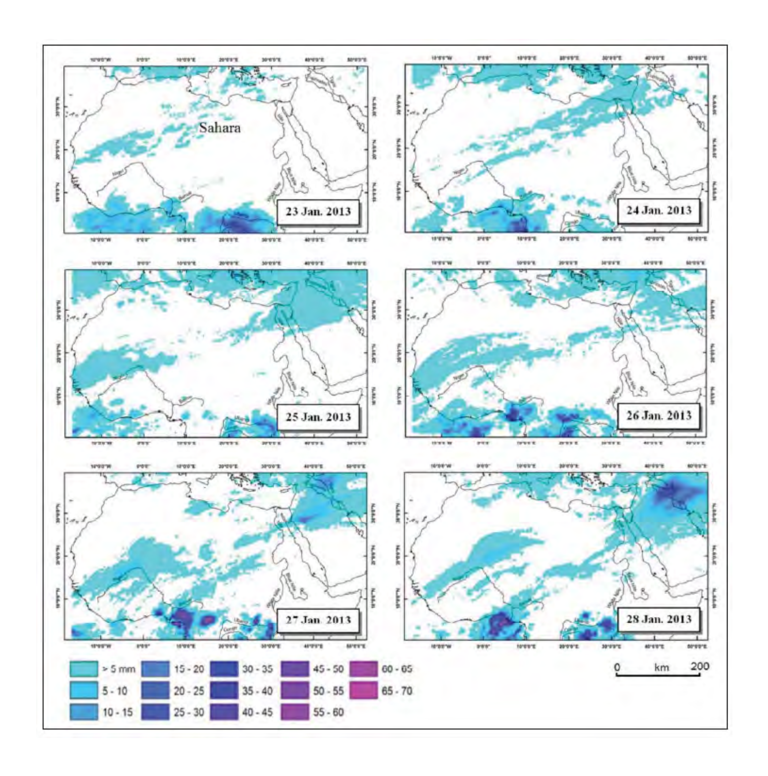
(٢) دراسة الفيضانات المفاجئة

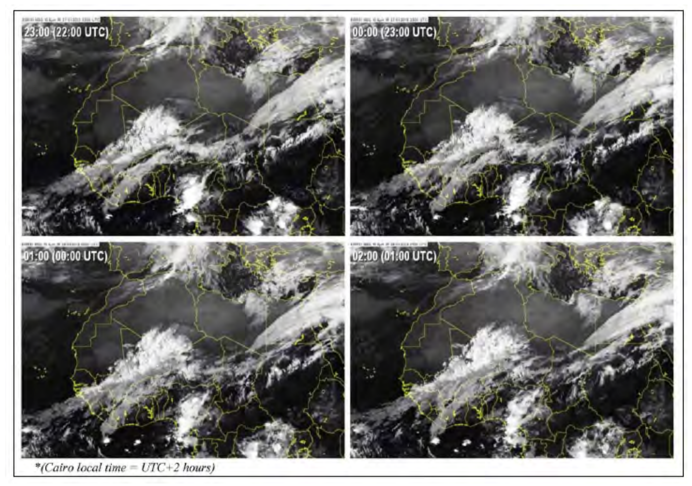
تعد دراسة و فهم ظاهرة الفيضانات المفاجئة وما تسببه من جريان سطحي قضية هامة لعمل الحماية من الفيضانات و خطط ادارة الموارد المائية. فهذه الظاهرة تواجهه عدة مناطق في مصر مثل منطقة الصعيد و الصحراء الشرقية و سيناء. وعادة ما نواجهه مشكلة في هذا المجال تتمثل في نقص القياسات الحقلية.

استخدمت الدراسة عدة مصادر للبيانات شملت: (١) نموذج ارتفاعات رقمية عالمي من نوع ASTER، (٢) بيانات أمطار آنية real-time من الأقمار الصناعية لنظام HYDIS، (٣) مرئيات فضائية من مستشعر +ETM، (٤) خريطة تربة، (٥) أرصاد مترولوجية، (٦) خرائط طبوغرافية. وكانت منطقة الدراسة في قنا بجنوب مصر حيث يوجد واديين رئيسين هما وادي قنا و وادي المتولي. ومع أن المتوسط العام لسقوط الأمطار في هذه المنطقة هو ٢.٥ ملليمتر، إلا أنها تتعرض لفيضانات مفاجئة flash floods في فصلي الربيع و الشتاء.



استخدمت الدراسة أسلوب تطبيق بيانات الاستشعار عن بعد الآنية لمراقبة ومتابعة العاصفة المطرية التي حدثت في يوم ٢٨ يناير ٢٠١٣، وذلك من خلال تحميل هذه البيانات لمدة تتراوح من ٥ أيام قبل العاصفة الي ٣ أيام بعد حدوث العاصفة وذلك بهدف فهم تكوين العاصفة و مراقبة تطور حدوثها (تم تحميل هذه البيانات من موقع http://chrs.web.uci.edu/persiann/data.html).

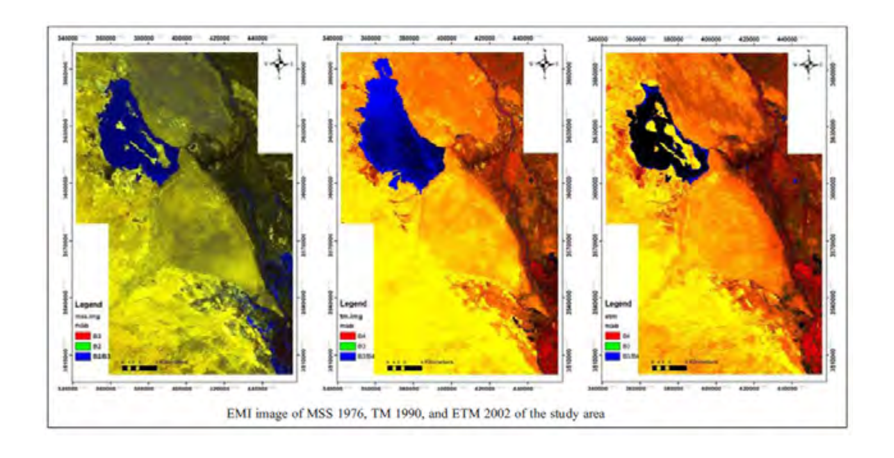




أيضا استخدمت الدراسة أسلوب منحني الأرقام Curve Number لتقدير حجم الجريان السطحي surface runoff في منطقة الدراسة، وذلك بهدف فهم خصائص الفيضان ومن ثم استخدام هذا الفهم في التخطيط لإدارة الكوارث وأيضا لإدارة الموارد المائية.

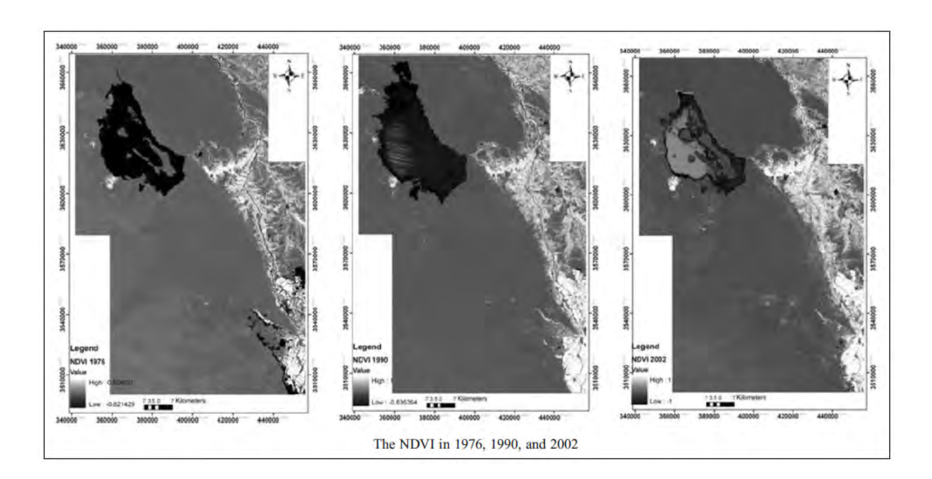
(٣) اكتشاف التغيرات

اكتشاف التغيرات change detection هو عملية تهدف لتحديد الفروق في حالة هدف أو ظاهرة من خلال رصده في عدة أوقات زمنية. أما الاكتشاف الرقمي للتغيرات digital change detection فيهدف لتحديد و وصف التغيرات في غطاء و استخدامات الأرض اعتمادا علي تحليل بيانات استشعار عن بعد متعددة التاريخ. وفي هذه الدراسة تم استخدام هذا الاسلوب لمنطقة وسط العراق (تغطي حوالي ١٦،٩٦٠ كيلومتر مربع) من خلال مرئيات لاندسات ٢ و ٥ و ٧ للأعوام ١٩٧٦ و ١٩٩٠ و ٢٠٠٢ علي الترتيب.



EMI image of MSS 1976, TM 1990, and ETM 2002 of the study area

ولكل مرئية تم حساب قيم: (١) المعامل الطبيعي الفرقي للنباتات NDVI، (٢) المعامل الطبيعي الفرق للمياه NDWI الذي يصف حالة المياه في منطقة الدراسة، (٣) معامل خرائط ايولين Eolian Mapping Index (اختصارا EMI) الذي يصف المناطق ذات الكثافة المنخفضى للنباتات والانعكاس العالي للتربة، (٤) معامل التملح Salinity Index.



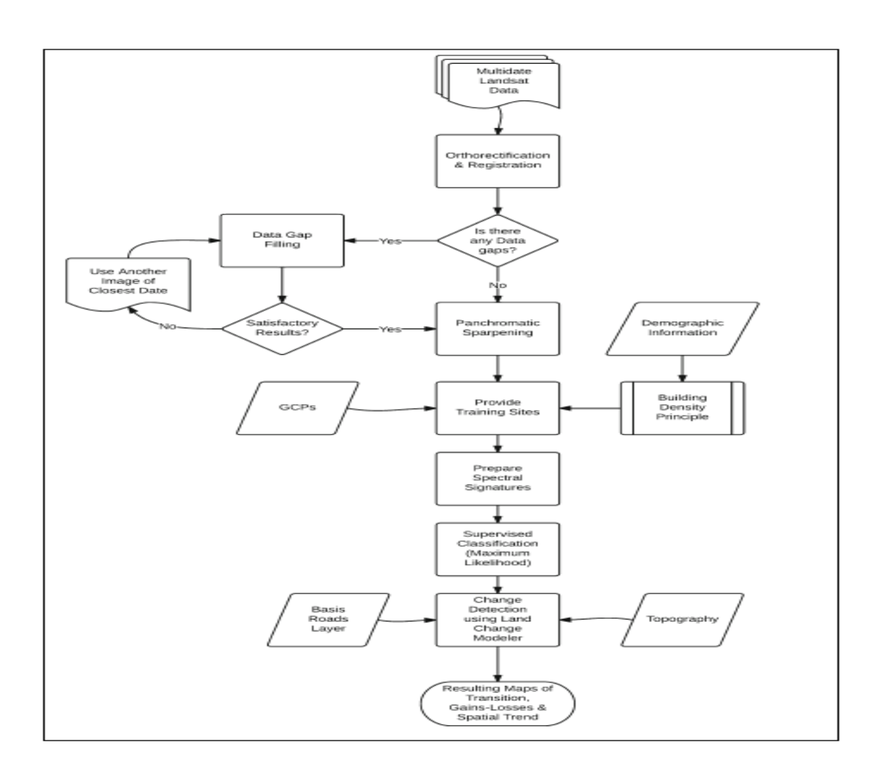
The NDVI in 1976, 1990, and 2002

ومن خلال تحليل نتائج هذه المعاملات الأربعة تمكنت الدراسة من تحديد المناطق التي تعرضت للتصحر في وسط العراق منذ عام ١٩٩٠.

(٤) مراقبة النمو العمراني

التمدن urbanization هي العملية الناتجة عن الزيادة السكانية و التي من خلالها يتسبب جزء من سكان و ضواحي مدينة في تغير استعمال الأرض من الاستخدام الزراعي أو غطاء النباتات الي استخدامات سكنية و صناعية. تم تطبيق الدراسة الحالية علي مدينة حيدر اباد في جنوب الهند والتي زاد عدد سكانها من ١.١ مليون نسمة في عام ١٩٥٠ الي ٧.٧ مليون نسمة في ٢٠١١، ومن المتوقع أن يصل هذا العدد الي ١١.٦ مليون في ٢٠٢٥.

تم في الدراسة الحالية الاستعانة بمرئيات اللاندسات لمنطقة الدراسة لأعوام ١٩٨٩، ٢٠٠٠، ٢٠٠٥، و ٢٠١١، كما تم الاستعانة بنموذج الارتفاعات الرقمية العالمية ASTER. في أول خطوة تم عمل تصنيف مراقب للمرئيات من خلال تحديد سبعة استخدامات رئيسة للأرض: أرض زراعية، نباتات، مسطحات مائية، أرض مدنية عالية الكثافة، أرض مدنية منخفضة الكثافة، مناطق مفتوحة، غابات. وللتفرقة بين نوعي الأرض المدنية تم الاعتماد علي مفهوم كثافة المباني السكنية، بحيث اذا زادت الكثافة عن ٥٠% فتعد الأرض عالية الكثافة. ثم تلا ذلك خطوة مقارنة تصنيفات الأرض للفترات الزمنية الأربعة في محاولة لمراقبة النمو العمراني في منطقة الدراسة. وفي هذه الخطوة تم الاعتماد علي نموذج تغير الاراضي Land change modeler الموجود في برنامج IDRISI.



ومن ثم أمكن تحديد المناطق التي تغير فيها استخدام الأرض الي نوع الأرض المدنية منخفضة الكثافة وأيضا المناطق التي تغير استخدامها من أرض منخفضة الكثافة الي أرض عالية الكثافة. أيضا تم نمذجة معدلات النمو العمراني من خلال نموذج رياضي متعدد الحدود من الدرجة التاسعة nine-order polynomial.

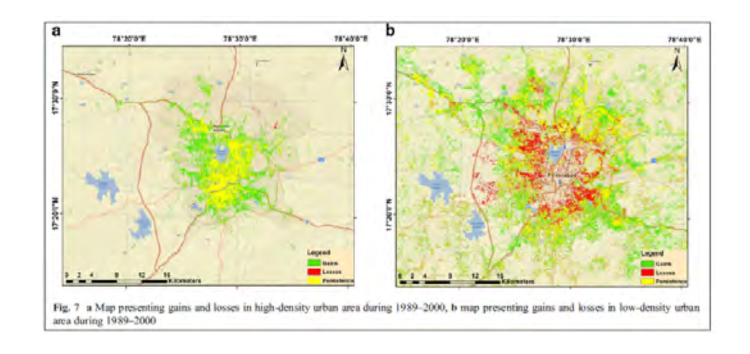


Fig. 7 a Map presenting gains and losses in high-density urban area during 1989–2000, b map presenting gains and losses in low-density urban area during 1989–2000

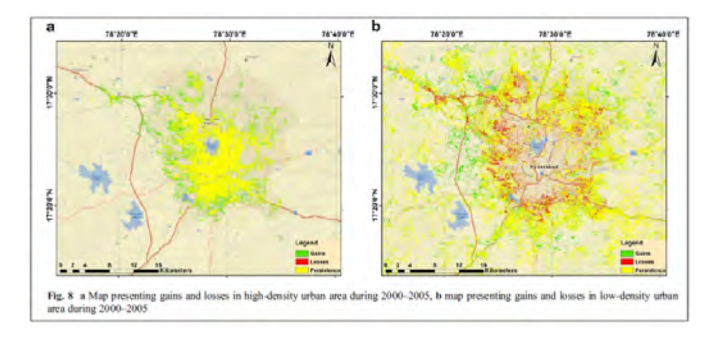


Fig. 8 a Map presenting gains and losses in high-density urban area during 2000–2005, b map presenting gains and losses in low-density urban area during 2000–2005

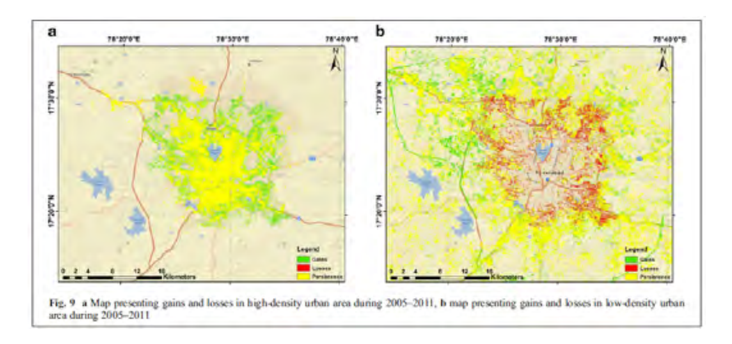


Fig. 9 a Map presenting gains and losses in high-density urban area during 2005–2011, b map presenting gains and losses in low-density urban area during 2005–2011

(٥) تقدير التأثير المتبادل بين تغير المناخ و تغير النباتات

حيث أن شبكات الرصد الأرضية لا تغطي إلا جزء صغير من سطح الأرض علي المستوي العالمي فأن بيانات الاستشعار عن بعد تصبح ضرورية لمعالجة المشكلات المكانية الموجودة في الطرق التقليدية لتقدير التبخر evapotranspiration. وتجدر الاشارة لوجود عدة أنواع من المستشعرات المخصصة للتطبيقات و الدراسات المناخية ومنهم مستشعر الراديومتر المتقدم عالي الوضوح جدا Advanced Very High Resolution Radiometer (اختصارا AVHRR) الموجود في سلسلة أقمار NOAA الأمريكية. وأثبتت الدراسات الحديثة لوجود علاقة معقدة و تبادلية ما بين التغير المناخي و تغيرات غطاءات و استخدامات الأرض.

قامت الدراسة الحالية باستخدام مرئيات TM للقمر لاندسات ٥ و مرئيات ETM+ للقمر لاندسات ٧ لاستنباط غطاءات الأرض في منطقة الدراسة المتمثلة في محافظة الاسماعيلية بمصر. أيضا اعتمدت الدراسة علي المرئيات المرئية و مرئيات الاشعة تحت الحمراء القريبة و مرئيات الاشعة

تحت الحمراء الحرارية لمستشعر AVHRR. وكلا نوعي المرئيات يغطيان الفترة الزمنية للأعوام ١٩٨٥، ١٩٩٨، و ٢٠٠٩، وكانت درجة الوضوح المكاني لكلاهما تبلغ ٣٠ و ١١٠٠ متر علي الترتيب. واستخدمت بيانات AVHRR لاستنباط معامل الحرارة السطحية Land Surface Temperature (اختصارا LST) و المعامل الطبيعي الفرقي للنباتات المعروف باسم NDVI. وتلا ذلك حساب تقدير معامل التبخر المرجعي Reference evapotranspiration وأيضا معامل العجز المائي Water Deficit Index (أو WDI).

أشارت نتائج الدراسة الي أن الغطاء النباتي قد زاد من ٢٥،٥٢٩ هكتار الي ٦٣،١٤٠ هكتار في ٢٠٠٩. ومن ثم فأن هذه الزيادة قد تسببت في تناقص حرارة سطح الأرض بقيمة ٢.٣ درجة مئوية و تناقص حرارة الجو بقيمة ١.٦ درجة مئوية. أيضا فأن معامل العجز المائي قد تناقص بقيمة ٠.٣٥، بينما زاد التبخر الفعلي بقيمة ٢.٥ ملليمتر في هذه الفترة الزمنية.

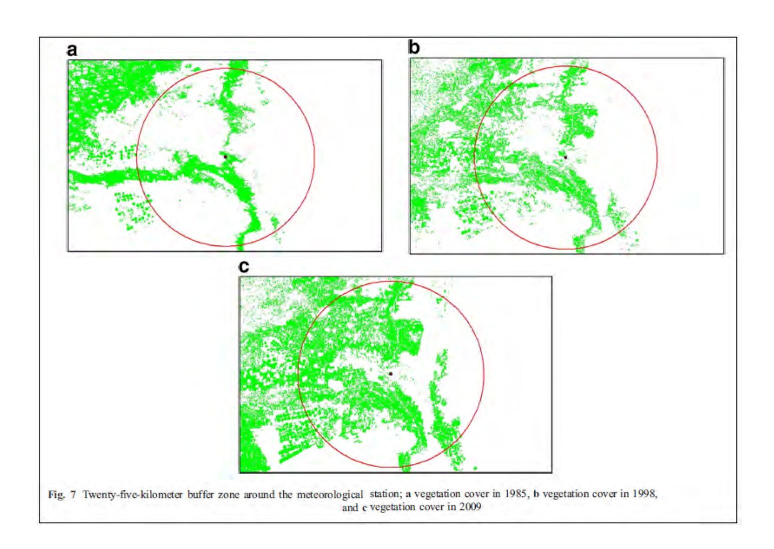
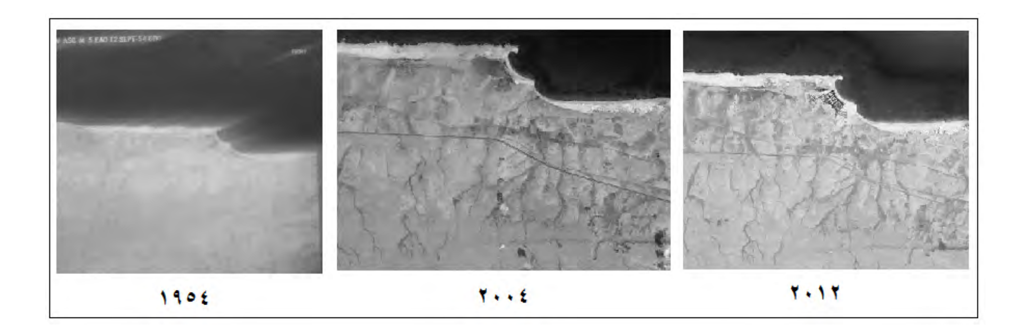


Fig. 7 Twenty-five-kilometer buffer zone around the meteorological station; a vegetation cover in 1985, b vegetation cover in 1998, and c vegetation cover in 2009

(٦) دراسة تغير تآكل الشواطئ من الصور الجوية

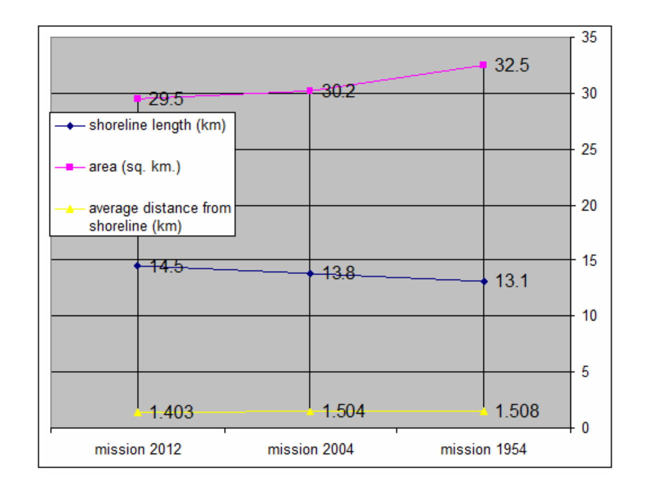
يؤدي التغير المناخي الي زيادة منسوب سطح البحر ومن ثم الي تآكل الشواطئ كمشكلة بيئية كبرى. ويعد تحديد و نمذجة العوامل المختلفة التي تسبب تآكل الشواطئ تحديا كبيرا. ويري البعض أن زيادة منسوب سطح البحر تؤثر بدرجة كبيرة في تآكل الشواطئ، بينما يري آخرون أن هناك عدة عوامل أخرى مؤثرة مثل العوامل الهيدرو-ديناميكية و العوامل المناخية (مثل التيارات البحرية و المد و الجزر و الرياح و العواصف). أيضا فمن المهم ملاحظة أن تغير منسوب سطح البحر ليس بمعدل منتظم عند دراسة مناطق واسعة من الشواطئ الساحلية، أو بمعني آخر فأن ارتفاع منسوب سطح البحر يتغير من منطقة جغرافية الي أخرى.

تهدف هذه الدراسة لتوضيح التغيرات الشاطئية للسواحل الشمالية لمصر من خلال الاعتماد علي تحليل و مقارنة عدة صور جوية مختلفة التاريخ (لأعوام ١٩٥٤، ٢٠٠٤، ٢٠١٢). وكانت نتائج المقارنة كما في الجدول التالي:



البيانات	١٩٥٤	٢٠٠٤	٢٠١٢	قياسات حقلية في ٢٠١٢
طول الشاطئ (كم)	١٣١.١	١٣.٨	١٤.٥	١٤.٦٥
المساحة (كم٢)	٣٢.٥	٣٢.٢	٢٩.٥	٢٩.٧
متوسط المسافة من الشاطئ للطريق (م)	١٥٠٨	١٥٠٤	١٥٠٣	١٥٠٣.٥

أشارت النتائج الي تأكل الشواطئ في منطقة الدراسة بقيمة ٢٩ متر ما بين عامي ١٩٥٤ و ٢٠٠٤ (أي بمعدل ٨ سم/سنة)، وبقيمة ٣ أمتار ما بين عامي ٢٠٠٤ و ٢٠١٢ (أي بمعدل ١٢.٥ سم/سنة).



(٧) دراسة ثبات المباني بالاعتماد على مرئيات الرادار

يعد مراقبة المباني و هبوط الأرض land subsidence متطلبا أساسيا للعديد من التطبيقات مثل منع وقوع الكوارث في المنشئات و الخدمات علي سطح الأرض. ويعد هبوط الأرض مشكلة كبري خاصة في المناطق الساحلية مثل الشواطئ الشمالية لمصر. وتوجد عدة طرق مساحية لمراقبة هبوط الأرض مثل الميزانيات و المسح الأرضي بأجهزة المحطات الشاملة و قياسات الأقمار الصناعية بتقنية النظام العالمي لتحديد المواقع GPS. لكن هذه الطرق الأرضية تعتمد علي القياسات عند نقاط محددة ولا تستطيع تغطية مساحة كبيرة من الأرض. لكن وعلي الجانب الآخر فأن طريقة التداخل الفرقي لرادار المنفذ الصناعي Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (أو اختصارا DInSAR) يمكنها قياس الحركة الأرضية أو

التشوهات في منطقة شاسعة، بالإضافة لمميزاتها من حيث تقليل الوقت و التكلفة. استخدمت الدراسة الحالية ٨ مرئيات للنطاق L (٢٣ سنتيمتر) من النوع PALSAR للقمر ALOS تغطي مدينة بورسعيد المصرية للفترة من نوفمبر ٢٠٠٧ الي أبريل ٢٠١٠.

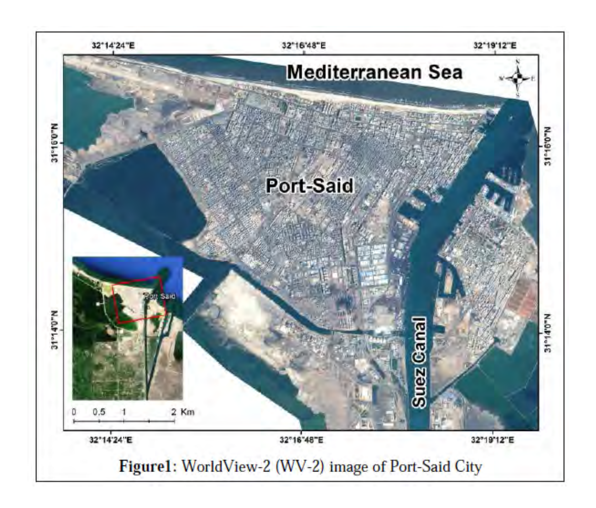


Figure1: WorldView-2 (WV-2) image of Port-Said City

تم عمل الارجاع الجغرافي للمرئيات باستخدام بيانات ١٢٥ نقطة تحكم موزعة جيدا وبقيمة خطأ تربيعي متوسط RMS تبلغ ± ٠.٠٢٩ متر. وبمعالجة هذه المرئيات من خلال تطبيق طريقة DInSAR أمكن تحديد هبوط الأرض والبالغ ١٧ سنتيمتر للفترة ٢٠٠٧-٢٠١٠. وهناك عدة أسباب لظاهرة هبوط الأرض في مدينة بورسعيد ومنها: (١) الموقع الجغرافي للمدينة حيث أنها تقع علي حدود الصفيحة الأسيوية و الصفيحة الأفريقية من صفائح قشرة الأرض، (٢) منذ عام ١٩٨٠ ونتيجة للتمدن فأن أجزاء كبيرة من بحيرة المنزلة (القريبة من بورسعيد) قد تم ردمها ومن ثم فأن البناء في المدينة قد أقيم علي أراضي البحيرة المردومة مما يؤثر علي ثبات هذه المنشئات، (٣) تأثير أعمال تنظيف و توسعة قناة السويس علي ثبات التربة في شرق منطقة الدراسة.

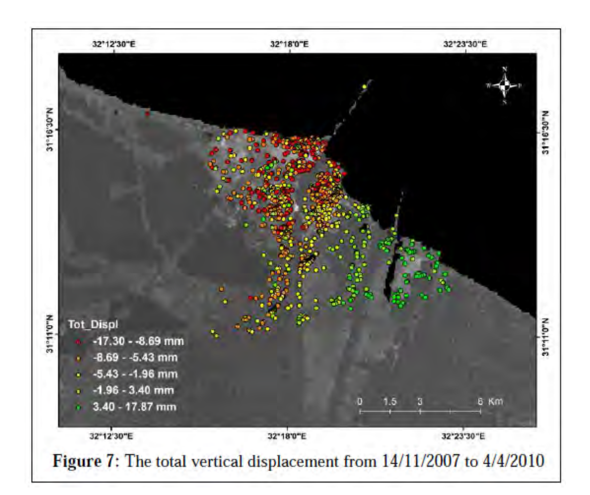


Figure 7: The total vertical displacement from 14/11/2007 to 4/4/2010

(٨) تقدير ارتفاع سطح البحر و هبوط الأرض فى دلتا نهر النيل

تهدف هذه الدراسة الي تحديد أخطار تأثيرات ارتفاع منسوب سطح البحر وظاهرة هبوط الأرض في محافظات منطقة دلتا نهر النيل بمصر. وشملت البيانات المستخدمة: (١) أربعة مرئيات لاندسات TM، (٢) خرائط طبوغرافية بمقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ ، (٣) خرائط جيولوجية، (٤) خرائط المياه الجوفية. وقد قامت الدراسة بتحديد و فحص و تحليل خمسة عوامل تتحكم في درجة المخاطر في منطقة الدراسة وهي: ارتفاع سطح البحر، هبوط الأرض، تضاريس أو طبوغرافية الأرض، منسوب المياه الجوفية، أعمال حماية الشواطئ. وبالاستعانة بتصنيف المرئيات و الخرائط الطبوغرافية أمكن تطوير ١٥ طبقة في اطار نظام معلومات جغرافية GIS يهدف الي تحليل جميع الأخطار المتوقعة في اطار تكاملي. وفي هذا التحليل تم اعطاء قيمة وزن weight (معامل الأهمية) للمخاطر في كل عامل من العوامل الخمسة. فعلي سبيل المثال ففي عامل ارتفاع منسوب سطح البحر فأن الأوزان تكون ٠ ، ٠.٥ ، ١.٠ ، ١.٥ ، ٢.٠ عندما تكون قيم ارتفاع سطح البحر ٠ ، ٥ ، ١٠ ، ١٢ ، ٢٠ سنتيمتر علي الترتيب ومن ثم فأن المخاطر: آمنة، قليلة، متوسطة، عالية، عالية جدا علي الترتيب. ومن هنا فقد تمكنت الدراسة من تحديد المناطق التي ستتعرض لكل درجة من درجات هذه المخاطر ولكل عامل من هذه العوامل الخمسة. ثم تم تحديد قيم الفقد المتوقع في كلا من شبكة الطرق والمواصلات و الاراضي الزراعية و الاراضي المدنية وغطاء الأرض عند كل درجة من درجات هذه المخاطر لكل محافظة من محافظات منطقة الدراسة.

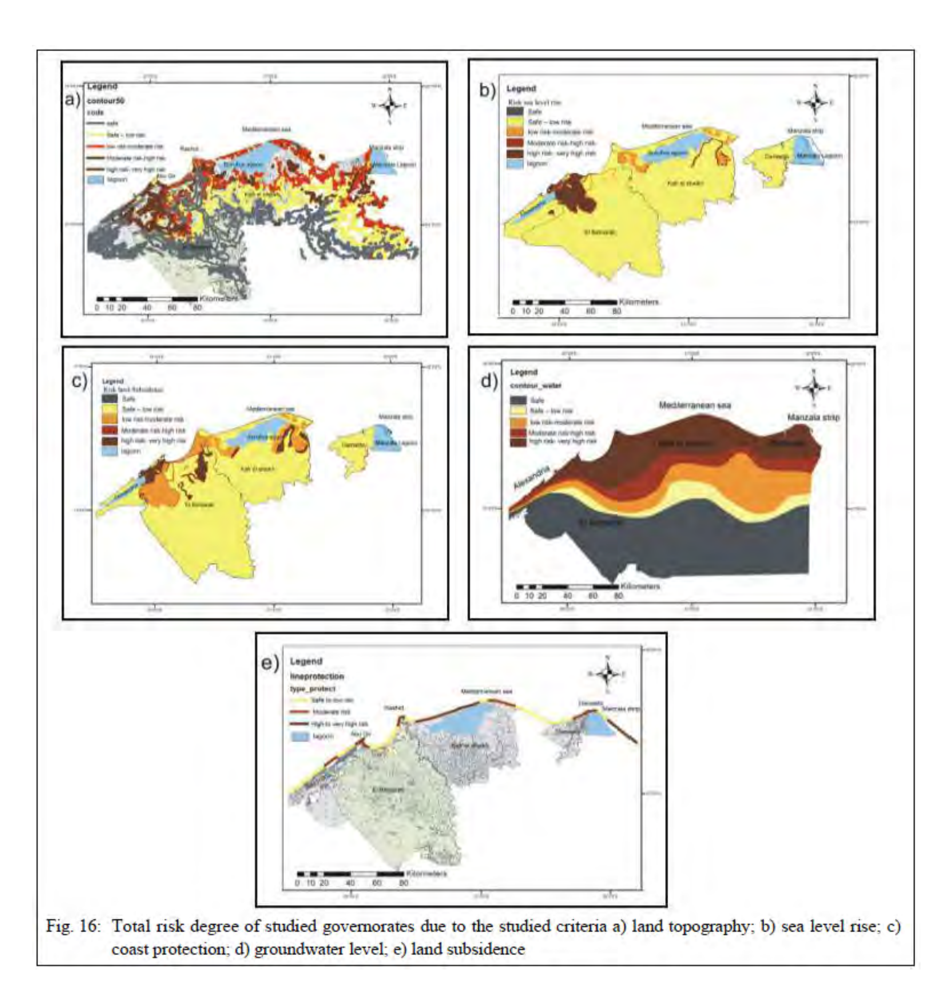


Fig. 16: Total risk degree of studied governorates due to the studied criteria a) land topography; b) sea level rise; c) coast protection; d) groundwater level; e) land subsidence

(٩) تقييم تغير غطاء الأرض في المناطق القاحلة بقارة آسيا

يرجع التغير في غطاء الأرض في المناطق الجافة arid و شبه الجافة semi-arid الي انبعاث الكربون للغلاف الجوي كنتيجة للتصحر وتآكل النباتات وزيادة تعرية التربة. وفي دراسات مراقبة تغير الغطاء النباتي للأرض اعتمادا علي مرئيات الاستشعار عن بعد فيتم تقدير و تحليل المعامل الطبيعي الفرقي للنباتات NDVI ومعامل النباتات المحسن Enhanced Vegetation Index (أو اختصارا EVI). إلا أن دقة هذين المعاملين قد تتناقص في المناطق الجافة و شبه الجافة بسبب تلوث السطح وأن الغطاء النباتي يكون متناثرا و غير منتظم في هذه المناطق. ومن هنا فقد اعتمدت الدراسة الحالية علي حساب و تحليل ما يعرف بمعامل تغير خواص الأرض Land Heterogeneity Index (اختصارا LHI) وارتباطه بالقيمة الكلية للمطر Total Precipitation (أو P). وتم الحصول علي بيانات المعدل السنوي المطر للمناطق الجافة في قارة آسيا من قواعد البيانات العالمية للأمطار TRIMM بدرجة وضوح ٠.٢٥×٠.٢٥ درجة للفترة ٢٠٠١-٢٠٠٩. أما معامل LHI فقد حسابه اعتمادا علي بيانات قاعدة البيانات العالمية لغطاء الأرض MODIS بدرجة وضوح مكانية تبلغ ٥٠٠×٥٠٠ متر. ثم تلا ذلك خطوة مقارنة كلا من معاملي LHI, P لكل سنة من السنوات لبيان معدلات التغير في كلا منهما.

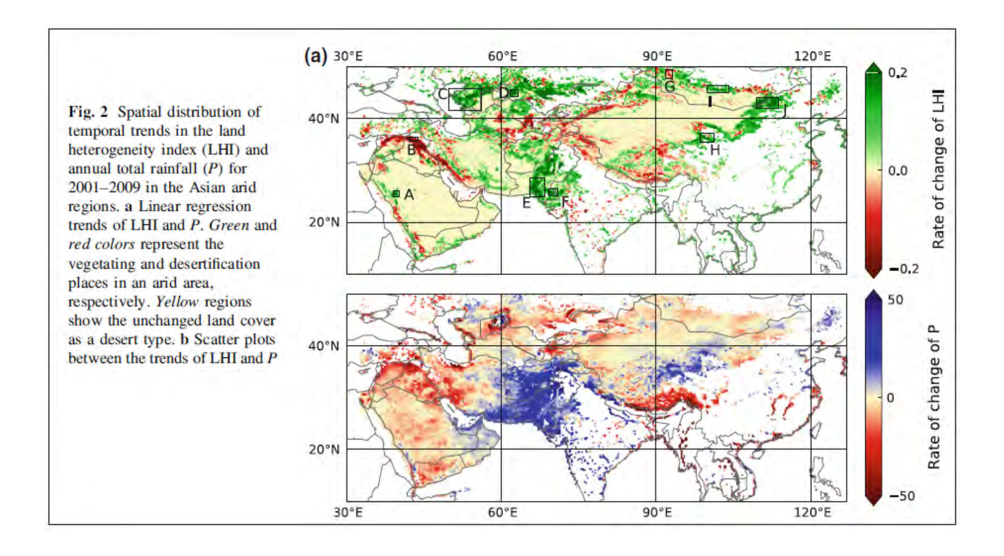


Fig. 2 Spatial distribution of temporal trends in the land heterogeneity index (LHI) and annual total rainfall (*P*) for 2001–2009 in the Asian arid regions. a Linear regression trends of LHI and *P*. *Green* and *red colors* represent the vegetating and desertification places in an arid area, respectively. *Yellow* regions show the unchanged land cover as a desert type. b Scatter plots between the trends of LHI and *P*

(١٠) مراقبة تغير ارتفاعات السطح بالاعتماد على المرئيات الرادارية

تشوه السطح surface deformation هو تشوه سطح الأرض الناتج عن ظواهر طبيعية ومتعددة (مثل الفوالق و الصدوع و الحركات التكتونية) و أيضا عن الأنشطة البشرية مثل المناجم واستخراج الغاز الطبيعي وسحب المياه الجوفية. وفي مثل هذه الدراسات فأن طريقة تداخل منفذ الرادار الصناعي Interferometry Synthetic Aperture Radar (اختصارا InSAR) تعد أسلوبا تقنيا مستخدما في مراقبة تشوه السطح. وهذه الطريقة هي التي طبقتها الدراسة الحالية علي منطقة مدينة Jharia بالهند حيث يوجد ٩ مناجم سطحية و ٢٣ منجم تحت الأرض. وتتراوح مناسيب هذه المنطقة بين ٨٦ و ٢٢٦ متر بميول بسيطة. واعتمدت الدراسة علي تحليل مرئيتين راداريتين من القمر ERS-1/2 والقمر RADARSAT-1 لعامي ١٩٩٦ و ٢٠٠٤ بالترتيب،

وباستخدام البرنامج مفتوح المصدر DORIS الذي طورته جامعة Delft الهولندية (http://doris.tudelft.nl). وبعد معالجة كل نوع من البيانات المستخدمة أمكن تطوير نموذج ارتفاعات رقمي DEM لكلا العامين، ومن ثم أمكن تطوير خريطة تغير الارتفاعات في منطقة الدراسة بين ١٩٩٦ و ٢٠٠٤. وباختبار نموذج الارتفاعات الرقمية المستنبط من طريقة InSAR مع بيانات أرضية أمكن تقييم دقته الرأسية حيث بلغ الخطأ التربيعي المتوسط لهذا النموذج ±٢.٣ متر. وأشارت نتائج الدراسة لوجود تغيرات في الارتفاعات في حدود ±٤٠ متر نتيجة أعمال المناجم بمنطقة الدراسة. ومن ثم يمكن القول أن دقة نموذج DEM المستنبط من مرئيات الرادار لمنطقة الدراسة تعادل ما نسبته ٥.٨% من قيمة تغير الارتفاعات ذاتها (٢.٣ متر مقارنة بقيمة ٤٠ متر) وهو ما يعد مقبولا ومناسبا للتطبيقات الجيولوجية و الجيومورفولوجية.

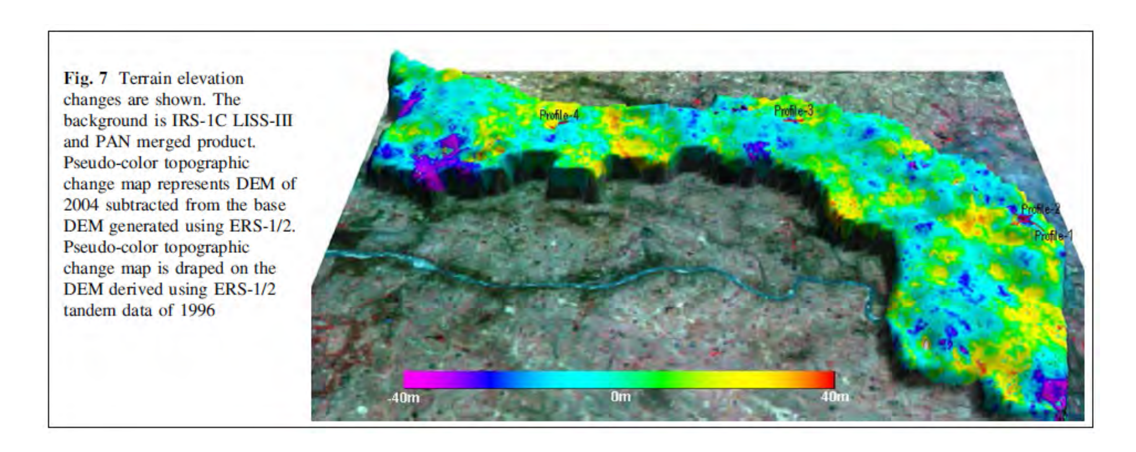


Fig. 7 Terrain elevation changes are shown. The background is IRS-1C LISS-III and PAN merged product. Pseudo-color topographic change map represents DEM of 2004 subtracted from the base DEM generated using ERS-1/2. Pseudo-color topographic change map is draped on the DEM derived using ERS-1/2 tandem data of 1996

(١١) تطوير الخرائط الملاحية في نهر النيل

تختص المساحة الهيدروجرافية Hydrographic Surveying بمسح قاع المجاري المائية بهدف معرفة تضاريس القاع سواء للبحار أو المحيطات أو الأنهار، وتخدم عدة تطبيقات مثل الخرائط الملاحية nautical charts و ادارة الموانى وعمليات حماية الشواطئ. وتهدف الدراسة الحالية الي الاعتماد علي مرئيات الاستشعار عن بعد لتطوير الخرائط الملاحية لنهر النيل بمصر (بطول ١٥ كيلومتر في مدينة اسنا في محافظة الأقصر). وبهدف تقييم النتائج فقد تم الحصول علي قياسات الأعماق المقاسة بأجهزة الصدي echo-sounders والمحدد احداثياتها الأفقية من خلال قياسات GPS. أما مرئيات الاستشعار عن بعد فقد تمثلت في مرئيات القمر GeoEye (لعام ٢٠٠٩) والبالغ درجة وضوحها المكانية ١.٦٥ متر. وتمثل أسلوب الدراسة في مفهوم يعتمد علي فكرة أن الضوء عندما يمر من خلال المياه فأنه يتفاعل مع عمق المياه بحيث أن المناطق العميقة ستظهر داكنة علي المرئية (حيث أن المياه ستمتص الجزء الأكبر من الاشعاع المنعكس) بينما المناطق الضحلة ستظهر بدرجة أفتح. وبتحويل القيم الرقمية DN الي اشعاعات radiances أمكن للدراسة حساب قيم أعماق نهر النيل في هذه المنطقة. وبمقارنة قيم الأعماق المستنبطة من الاستشعار عن بعد مع قيم الأعماق المقاسة تبين أن الفروق تتراوح بين ٠.٠٥ و ٢.٣٩ متر بمتوسط يبلغ ١.٢٢ متر. ومن هنا يمكن استخلاص أن هذه الطريقة تعد رخيصة و دقيقة بالمقارنة بالطرق الأرضية المكلفة.

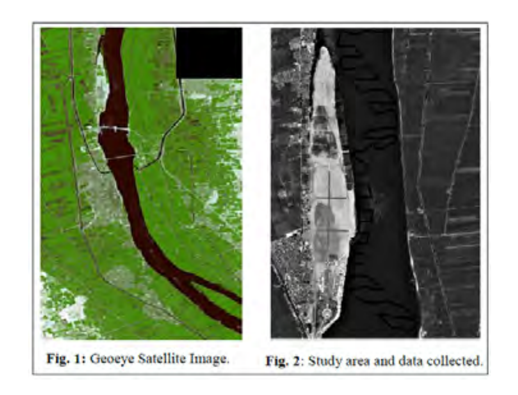


Fig. 1: Geoeye Satellite Image. Fig. 2: Study area and data collected.

(١٢) نمذجة التغيرات في غطاء و استخدامات الأرض

تهدف هذه الدراسة الي تطبيق مرئيات القمر الصناعي لاندسات لمستشعرات TM, ETM+, OLI لأعوام ١٩٨٣، ١٩٨٩، ١٩٩٤/ ١٩٩٨، ٢٠٠٣، ٢٠١٣ لتقييم تغيرات غطاء الأرض و استخدامات الأرض في مدينة عمان بالأردن (تم تحميل هذه البيانات مجانا من موقع http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml والموقع الرسمي للاندسات في http://earthexplorer.usgs.gov). أيضا تم الاستعانة بعدة مصادر للبيانات ومنها البيانات الاحصائية و بيانات الموارد المائية و قياسات المسح الحقلي لتقييم نتائج الاستشعار عن بعد.

أيضا قامت الدراسة بعمل نمذجة لتغيرات غطاء و استخدامات الأرض مع الزمن (من خلال نموذج First-order Markov). ومن خلال هذا النموذج تم التنبؤ بتغير غطاء الأرض حتى عام ٢٠٣٠ لمنطقة الدراسة في سيناريوهين: (١) التغير سيستمر طلق لمعدلات التاريخية، (٢) التغير سيعتمد أيضا علي مصادر المياه الجوفية المتاحة وخطط التنمية المستقبلية. وكانت دقة هذه التنبؤات تتراوح بين ٢ و ٥ %. وأشارت النتائج الي أن المناطق المدنية ستنمو (أو تزداد) لتبلغ ٣٣% من مساحة منطقة الدراسة في عام ٢٠٤٣، وسيؤثر هذا التغير علي الطلب علي المياه في المستقبل.

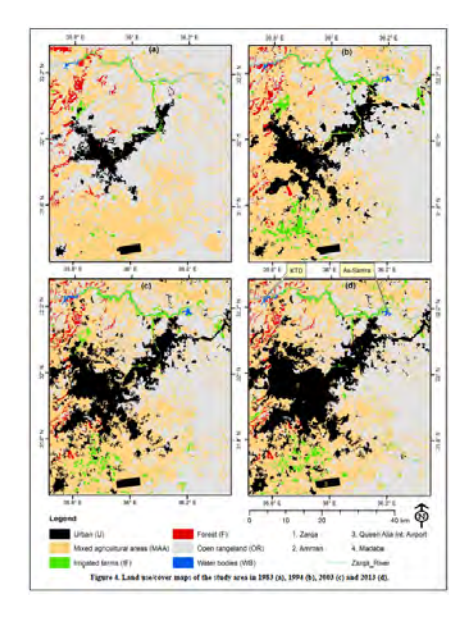


Figure 4. Land use/cover maps of the study area in 1983 (a), 1994 (b), 2003 (c) and 2013 (d).

(١٣) تحديد المناطق المناسبة للتنمية العمرانية

أصبحت التنمية المستدامة sustainable development مفهوما هاما لدي المخططين و الباحثين حيث أنها تهدف لإدارة الموارد بطريقة تحقق متطلبات الجيل الحالي دون الاخلال بفرص الأجيال القادمة في تحقيق متطلباتهم أيضا. ويعد تقييم و تحديد ملائمة الأرض عاملا هاما في تخطيط استخدامات الاراضي، وقد بدأ حديثا الاعتماد علي الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية في هذا المجال للتخطيط المدني و الحضري. وتتمثل منطقة الدراسة الحالية في شبه جزيرة سيناء بمصر والتي تغطي ٦١ ألف كيلومتر مربع وتتكون من محافظتين: شمال و جنوب سيناء. أما البيانات المستخدمة فتشمل: (١) مرئيات لاندسات لعام ٢٠١٣ تغطي كامل سيناء، (٢) مرئيات سبوت ٤ لعام ٢٠١١ تغطي مناطق محددة، (٣) نموذج ارتفاعات رقمية عالمي ASTER، (٤) خرائط طبوغرافية و جيولوجية وخريطة المناطق المحمية و خريطة المياه الجوفية. ولتقييم المناطق المناسبة للتنمية العمرانية تم الاعتماد علي معايير: (١) سهولة الوصول accessibility، (٢) موارد الأرض Land resources، (٣) ثبات و أمان الأرض Land stability and safety، (٤) تكلفة البناء Construction costs. وبتقييم مدي الملائمة لكل معيار منفصلا ثم تجميع ملائمة هذه المعايير معا مع استخدام وزن لكل معيار، فقد أمكن حساب معامل الملائمة للتنمية العمرانية والمناطق التي تحقق أعلي ملائمة في منطقة الدراسة.

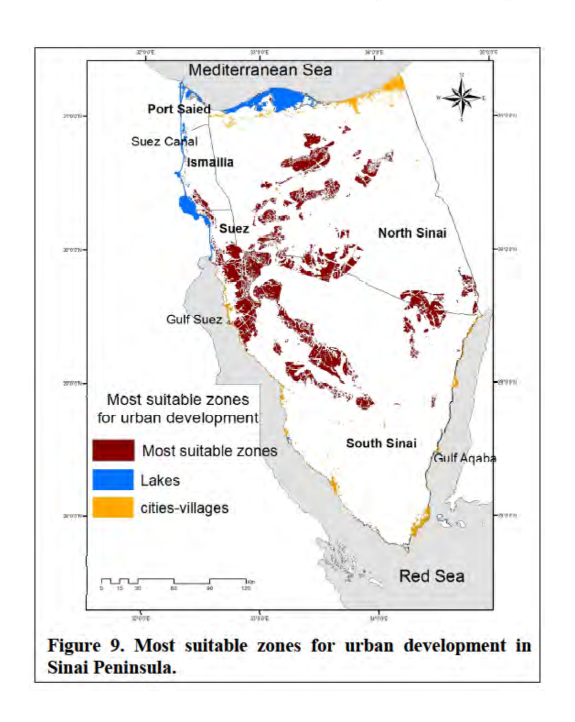


Figure 9. Most suitable zones for urban development in Sinai Peninsula.

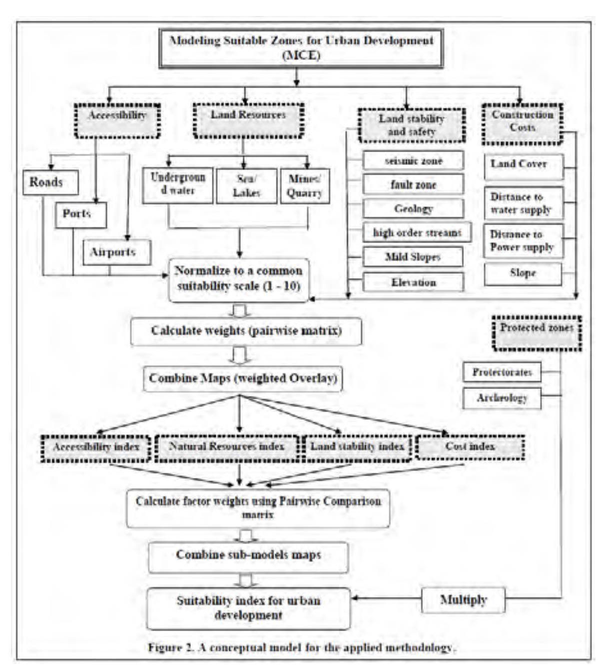


Figure 2. A conceptual model for the applied methodology.

(١٤) مراقبة النمو العمراني العشوائي

طبق هذه الدراسة أسلوب المعامل الطبيعي الفرق للبناء Normalized Difference of Built-up Index (أو اختصارا NDBI) والمستنبط من مرئيات الاستشعار عن بعد بهدف مراقبة النمو العشوائي لواحة الفيوم بمصر للفترة ما بين عامي ١٩٨٤ و ٢٠١٣. واستخدمت الدراسة مرئية لاندسات ٥ لعام ١٩٨٤ و مرئية لاندسات ٨ لعام ٢٠١٣، بالإضافة لخرائط رقمية.

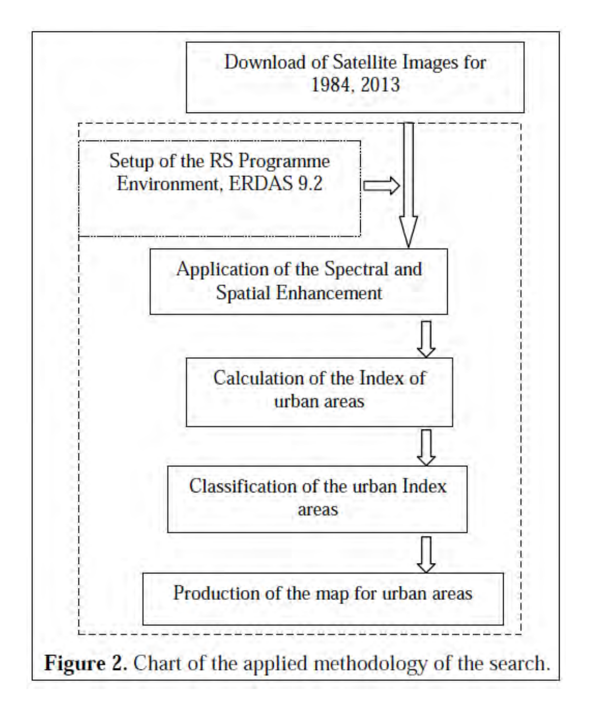


Figure 2. Chart of the applied methodology of the search.

قامت الدراسة بحساب قيم معامل NDBI لمنطقة الدراسة في كلا من ١٩٨٤ و ٢٠١٣، ومن ثم أمكن عمل المقارنة و بيان قيم التغيرات في استخدامات الأراضي المدنية و الزراعية و الصخور. وبمقارنة نتائج الاستشعار عن بعد مع الخرائط الطبوغرافية لمنطقة الدراسة وجد أن التوافق بينهما يبلغ ٩٣.٥% في عام ١٩٨٤ و ٩٥.٣% في عام ٢٠١٣.

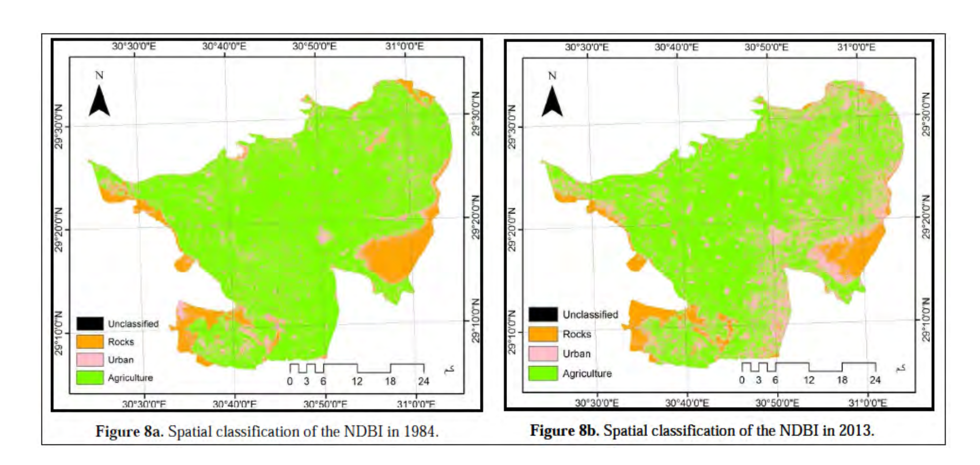


Figure 8a. Spatial classification of the NDBI in 1984. **Figure 8b.** Spatial classification of the NDBI in 2013.

(١٥) مراقبة حركة الكثبان الرملية

تعد حركة الكثبان الرملية sand dune ظاهرة خطيرة في مصر وتؤثر بدرجة خطرة علي الاستخدامات الحالية للأرض وعلي خطط التنمية أيضا. وتعتمد الدراسات التقليدية لمراقبة حركة الكثبان الرملية علي التقنيات المساحية الأرضية لوضع علامات أرضية علي الكثبان و رصدها مساحيا علي فترات زمنية مختلفة. إلا أن هذه الطرق لا تستطيع تغطية مناطق كبيرة كما أنها مكلفة من حيث الوقت و المال. وهنا يبرز دور الاستشعار عن بعد في هذا المجال التطبيقي الهام.

تقع منطقة الدراسة الحالية في منخفض توشكي أقصي جنوب مصر (٢٥٠ كيلومتر جنوب مدينة أسوان). أما البيانات المستخدمة فشملت مرئية لاندسات لعام ٢٠٠٠ ومرئية سبوت لعام ٢٠٠٦، بالإضافة لخرائط طبوغرافية و جيولوجية لمنطقة الدراسة. ومن خلال تحديد احداثيات كل كثيب رملي علي كلا المرئيتين يمكن حساب قيمة حركة الكثيب و اتجاه الحركة أيضا.

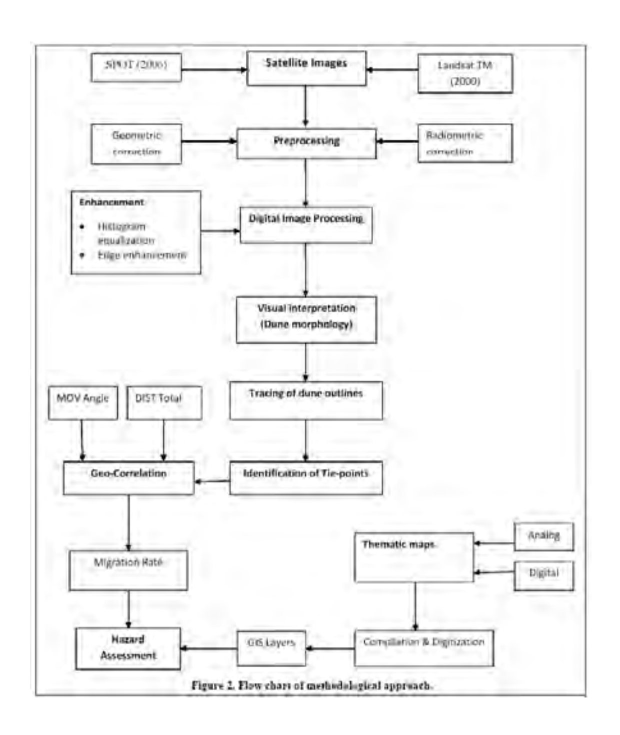


Figure 2. Flow chart of methodological approach.

وتبين أن حركة الكثبان الرملية تتراوح ما بين ١.٣ متر/سنة و ١٩.٣ متر/سنة في اتجاه الجنوب بانحراف يبلغ ٢٧٠-٢٩٠ درجة. وأشارت النتائج لوجود توافق عام يبلغ ٨٦% بين نتائج الاستشعار عن بعد و القياسات الحقلية، مما يبرز أهمية دور الاستشعار عن بعد في مراقبة و تقييم حركة الكثبان الرملية.

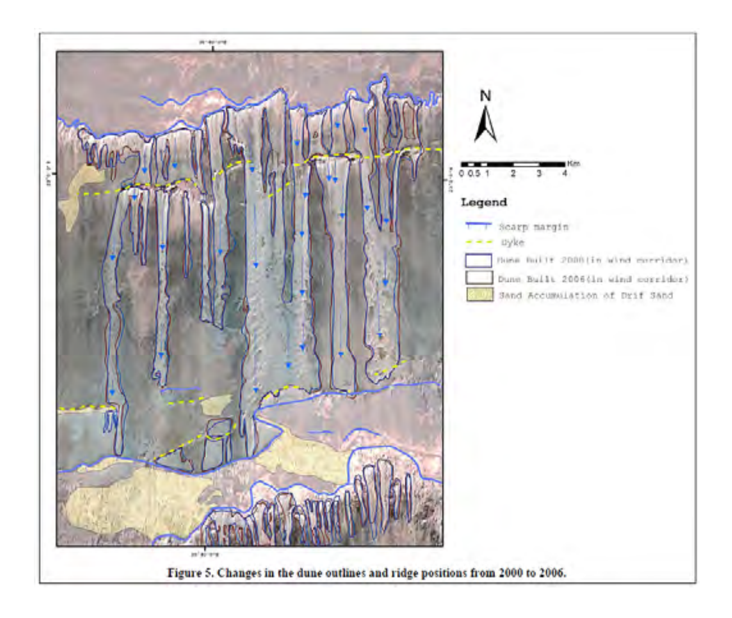


Figure 5. Changes in the dune outlines and ridge positions from 2000 to 2006.

(١٦) تأثير النمو العمراني على الأرض الزراعية

يعد النمو العمراني urban sprawl أحد أكبر المشكلات المؤثرة علي الرقعة الزراعية المحدودة في مصر. وقامت الدراسة الحالية باستخدام مرئية لاندسات لعام ١٩٩٢ و مرئية القمر الصناعي المصري Egypt-Sat لعام ٢٠٠٩ بهدف دراسة تأثير النمو العمراني علي الاراضي الزراعية في محافظتي القاهرة و الجيزة (ما يعرف باسم القاهرة الكبري) والتين تبلغ مساحتهما ٥٥٠٢ كيلومترا مربعا. كما تم الاستعانة بخريطة التربة المصرية الصادرة في عام ١٩٨٢ بعد تحويلها الي صورة رقمية لتحديد أنواع الترب في منطقة الدراسة. وبتصنيف كلا مرئيتي الاستشعار عن بعد واستنباط حدود المنطقة العمرانية في كلا من ١٩٩٢ و ٢٠٠٩، تم مقارنة التمدد العمراني بأنواع الترب المختلفة لبيان التعدي الواقع علي كل نوع نتيجة النمو العمراني.

Table 3: Areas of different soils in Cairo and Giza and their changes (inkm2) between1992and2009

Taxonomic Unit	1992	2009	Differencefrom1992and2009
Vertic Torrifluvents	615.19	494.15	-121.04
Typic Torrifluvents	111.29	93.40	-17.87
Typic Torriorthents	1258.57	1149.37	-109.20
Typic Quartizipsamments	308.17	293.41	-14.76
Typic Haplocalcids	61.71	61.71	0
Typic Haplogypsids	69.02	69.02	0
Typic Petrogypsids	28.01	28.01	0
Hilland	40.33	40.33	0
Rockland	2688.80	2455.79	-233.00
River Nile	76.57	76.50	0
Urban	244.82	740.70	495.87
Total	5502.48	5502.48	

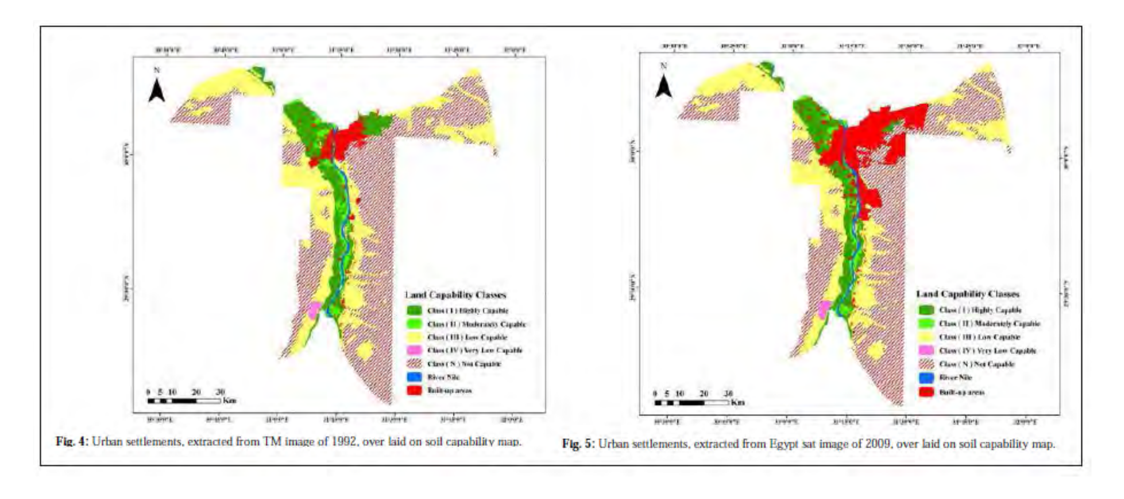


Fig. 4: Urban settlements, extracted from TM image of 1992, over laid on soil capability map.

Fig. 5: Urban settlements, extracted from Egypt sat image of 2009, over laid on soil capability map.

أشارت النتائج الي أن الكتلة العمرانية في منطقة الدراسة قد زادت من ٢٤٤.٨ الي ٧٤٠.٧ كم^{٢} (أي بنسبة ٢٠٣%). كما تبين أن التربة الزراعية عالية الجودة قد تناقصت مساحتها من ٦١٥ كم^{٢} الي ٤٩٤ كم^{٢} نتيجة التوسع العمراني (أي بنسبة ١٦%) للفترة ١٩٩٢-٢٠٠٩، بينما تناقصت التربة الزراعية الأقل جودة قد تناقصت مساحتها من ١٥٥٨ كم^{٢} الي ١٤٤٠ كم^{٢} (أي بنسبة ٧.٦%) نتيجة التوسع العمراني في نفس الفترة.

(١٧) تطوير نموذج ارتفاعات رقمي من مرئيات سبوت المزدوجة

عادة ما تتطلب ادارة الموارد المائية تحليل المظاهر الهيدرولوجية و الطبوغرافية مثل ميول الأرض و شبكات التصريف المائي و حدود الأحواض المائية ...الخ. وفي هذا الاطار فأن نماذج الارتفاعات الرقمية DEM تعد مفيدة للغاية لمثل هذه الدراسات و التطبيقات. وحديثا فأن عدة أنواع من الأقمار الصناعية (مثل سبوت ٤ علي سبيل المثال) تمتلك القدرة علي الاستشعار خلال المسار along track و عبر المسار across track، مما يجعلها تستشعر مرئيات مزدوجة stereo images ومن ثم يمكن استخدامها في تطوير نماذج ارتفاعات رقمية.

تهدف هذه الدراسة لتطوير نموذج ارتفاعات رقمية لمنطقة وادي وتير في الجنوب الشرقي لشبة جزيرة سيناء بمصر (٦٠×٦٠ كم). واستعانت الدراسة بمرئيات مزدوجة للقمر سبوت ٤ لعام ٢٠٠٨ بالإضافة لخريطة طبوغرافية بمقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠ وقياسات حقلية بتقنية GPS لقياس احداثيات نقاط أرضية تستخدم لاحقا لتحسين دقة نموذج الارتفاعات الرقمية المستنبط من المرئيات الفضائية.

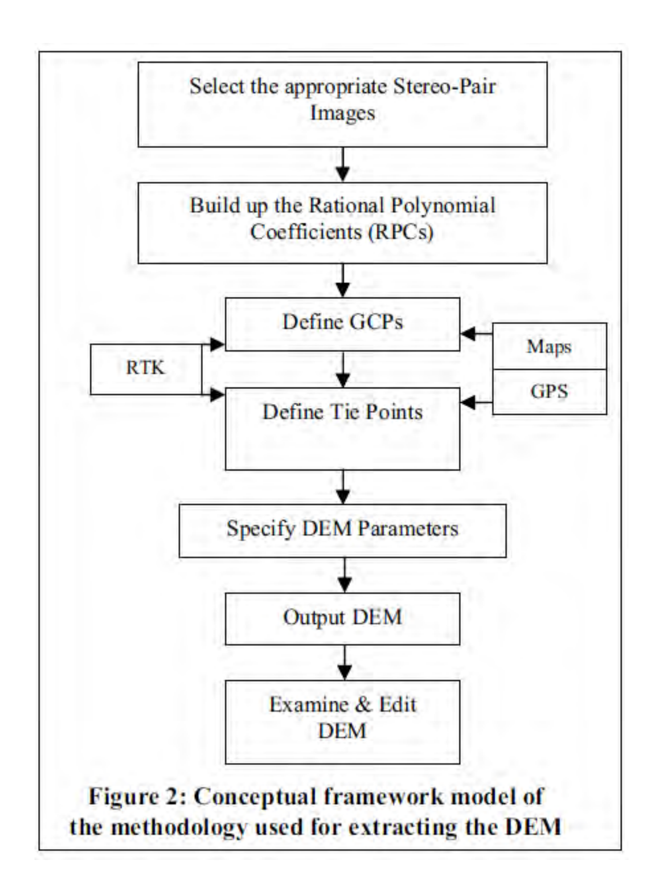


Figure 2: Conceptual framework model of the methodology used for extracting the DEM

أشارت النتائج الي أن دقة نموذج الارتفاعات الرقمية المستنبط من المرئيات تبلغ ٨٥ سنتيمتر في المنطقة الجبلية و ١١ متر في المناطق المسطحة، بينما بعد دمج هذا النموذج مع القياسات الحقلية فقد انخفض قيمة الخطأ التربيعي المتوسط لتصل لحدود ٢٠-٨٠ سنتيمتر في كل أجزاء منطقة الدراسة.

(١٨) دراسة البخر في بحيرة ناصر

تقع بحيرة ناصر في جنوب مصر و يمتد جزء من طولها البالغ ٥٠٠ كيلومتر داخل جمهورية السودان لتغطي مساحة تبلغ ٥٠ ألف فدان تقريبا. تهدف الدراسة الحالية الي: (١) حساب معدلات البخر اليومي و الشهري اعتمادا علي مرئيات لاندسات ٧ للمستشعر +ETM، (٢) محاكاة عدة سيناريوهات لتقليل البخر (من خلال فصل بعض قنواتها الفرعية أو ما يعرف باسم الأخوار) اعتمادا علي نظم المعلومات الجغرافية.

قامت الدراسة بتحويل القيم الرقمية DN للمرئيات (النطاق الحراري رقم ٦) الي قيم اشعاع طيفي spectral radiance، ثم تحويل هذا الاشعاع الطيفي الي حرارة سطح المياه. وبتطبيق معادلة الديناميكا الهوائية aerodynamic أمكن حساب قيم معدل اليومي البخر الناتج من سطح البحيرة، والذي تم منه حساب المعدل الشهري و حجم البخر الناتج.

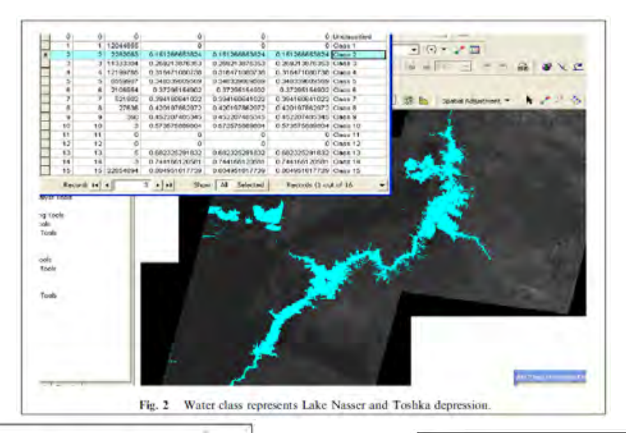


Fig. 2 Water class represents Lake Nasser and Toshka depression.

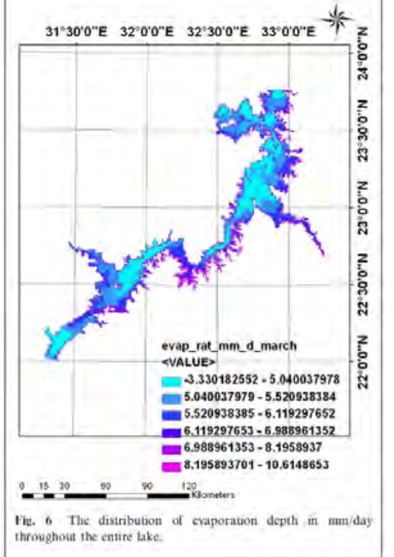


Fig. 6 The distribution of evaporation depth in mm/day throughout the entire lake.

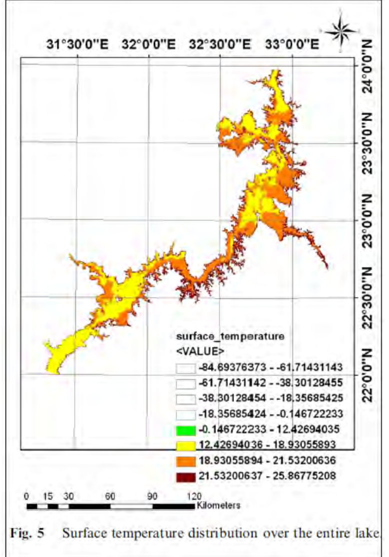


Fig. 5 Surface temperature distribution over the entire lake

أشارت النتائج الي أنه يمكن الحفاظ علي بخر يعادل ١٩.٧ مليون متر مكعب في شهر واحد عند غلق خور واحد فقط من بحيرة ناصر. وهذا من مميزات تطبيق الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية في اطار تكاملي.

(١٩) نمذجة الفيضانات المفاجئة

نتيجة قلة القياسات الحقلية في الأحواض المائية في الدول الجافة فـأن الطرق المستخدمة في دراسة الفيضانات غالبا ما تعتمد علي النماذج مثل نماذج المطر/الفيضان rainfall/runoff، ونماذج انحدار الجريان runoff regression. أما الدراسة الحالية فتقدم طريقة لنمذجة الفيضان اعتمادا علي مرئيات فضائية قبل و بعد حدوث الفيضان وإجراء التحليل داخل نظام معلومات جغرافي GIS بالاستعانة بنموذج ارتفاعات رقمي DEM بهدف حساب خصائص الفيضان و محاكاته. وكانت منطقة الدراسة في وادي حدين الواقع جنوب الصحراء الشرقية بمصر، وشملت البيانات المستخدمة عدة مرئيات لاندسات للفترة ١٩٨٤-٢٠٠٠، بالإضافة لنموذج الارتفاعات الرقمي العالمي SRTM3 . وبتطبيق نموذج التدفق في القناة المفتوحة (معادلة Manning) وبالاستعانة بقياسات المرئيات و نماذج الارتفاعات الرقمية أمكن حساب سرعة الجريان flow velocity لكل خلية أو بكسل. كما تم أيضا استنباط قيم طول الجريان flow length لكل خلية، ومن خلال هاتين القيمتين أمكن حساب زمن الرحلة travel time (أي زمن رحلة الجريان حتى الوصول لنقطة المصب). وفي الخطوة اللاحقة تم تقدير الفقد في الجريان transmission loss، وإدخاله كعامل مؤثر في نموذج الفيضان بحيث يكون هذا النموذج أكثر دقة و يحاكي الواقع الحقيقي.

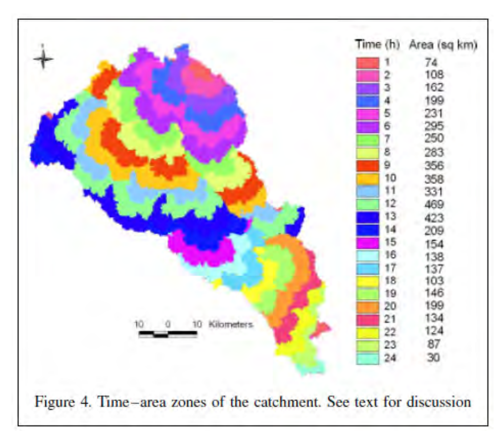


Figure 4. Time–area zones of the catchment. See text for discussion

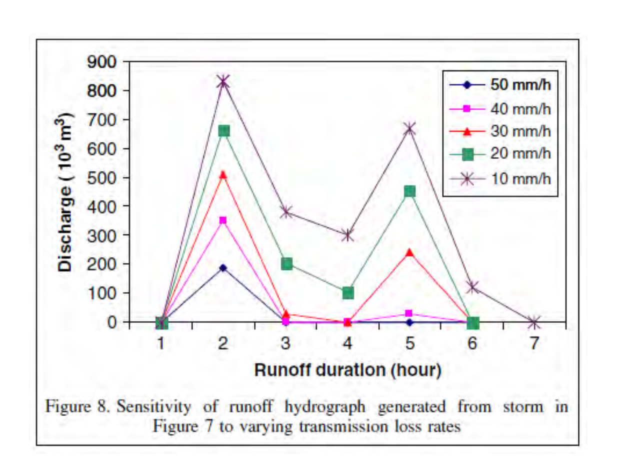


Figure 8. Sensitivity of runoff hydrograph generated from storm in Figure 7 to varying transmission loss rates

(٢٠) تطوير خرائط المدن البلانيمترية[1]

قامت هذه الدراسة بعمل مقارنة لإنتاج الخرائط البلانيمترية (التفصيلية) الرقمية و قاعدة بيانات جغرافية من مصدرين من المرئيات عالية الوضوح المكاني (للقمر IKONOS بوضوح ١ متر والقمر Quick Bird بوضوح ٠.٧ متر) للجزء المعمور من مدينة مرسي مطروح بغرب مصر. وتم الاستعانة بقياسات GPS عالية الدقة (بدقة ٠.١ متر) لتحديد ١٢ نقطة تحكم أرضية للاستخدام في تصحيح كلتا المرئيتين.

طبقا لمواصفات الخرائط فأن دقة الخريطة يجب أن تساوي أو تقل عن: ٠.٣ ملليمتر × مقياس رسم الخريطة. أي للخرائط مقياس ١ : ٥٠٠٠ فأن الدقة المسموح بها ستكون في حدود ١.٥ متر. وبعد

[1] هذه الدراسة للدكتور ياسر المناديلي الاستاذ بقسم الهندسة المساحية بكلية الهندسة بجامعة القاهرة والذي توفاه الله منذ سنوات قليلة، فلتدعو معي الله عز و جل أن يرحمه و يغفر له ويجعل مثواه الجنة.

ضبط المرئيتين أمكن حساب احداثيات عدد ١٦ نقطة اختبار check points (معروف احداثياتهم الدقيقة المقاسة GPS)، ومن ثم تم مقارنة مجموعتي الاحداثيات لهذه النقاط وحساب الفروق بينهما. وأشارت النتائج الي أن الفروق residuals تراوحت بين ٠.٧ و ١.٨ متر لمرئية IKONOS وتراوحت بين ٠.٥ و ١.٤ متر لمرئية Quick Bird. أما الخطأ التربيعي المتوسط الكلي TRMSE فبلغ ١.٠ متر لمرئية IKONOS و ١.٤ متر لمرئية Quick Bird. ومن هذه النتائج يمكن استخلاص أن مرئيات الاستشعار عن بعد عالية الوضوح المكاني مناسبة لإنتاج خرائط المدن البلانيمترية بمقياس رسم ١ : ٥٠٠٠. ومن خلال تحويل المرئية من النوع الشبكي raster الي النوع الخطي vector تم تطوير قاعدة بيانات رقمية (من خلال نظم المعلومات الجغرافية GIS) لمنطقة الدراسة شملت عدة طبقات مثل: الطرق و المباني و السكك الحديدية و خطوط الشواطئ. وتم تجميع البيانات غير المكانية attributes (مثل أسماء الطرق) لهذه الأهداف من خلال الزيارات الميدانية. ومن ثم كان المنتج النهائي خريطة مدن بلانيمترية رقمية توافي المواصفات المطلوبة لهذا النوع من الخرائط من مقياس رسم ١ : ٥٠٠٠.

مراجع الدراسات التطبيقية

(المراجع مرتبة بنفس ترتيب عرض الدراسات)

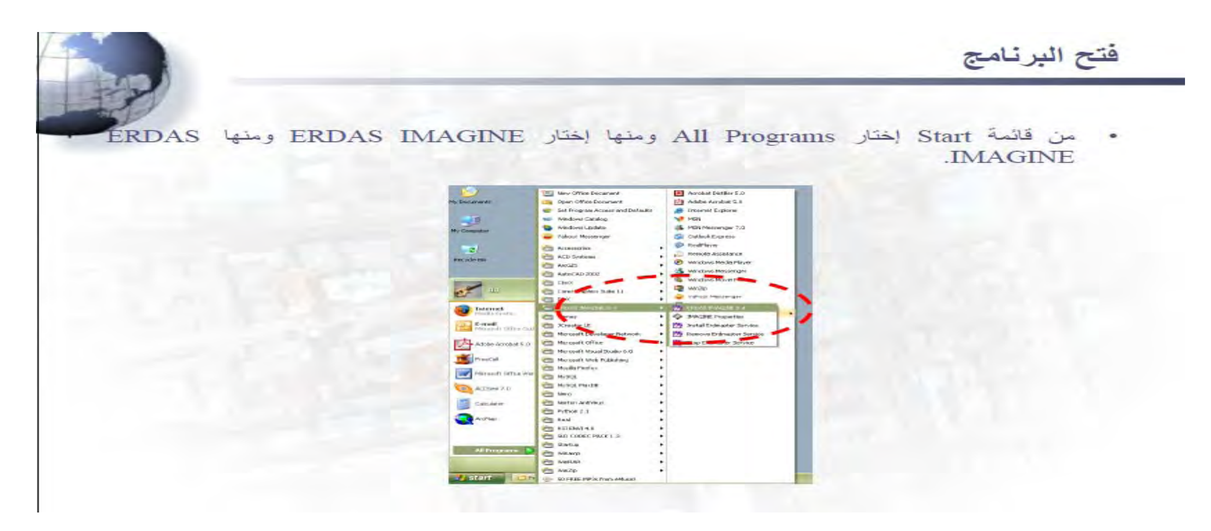
1. Geymen, A. (2014) Digital Elevation Model (DEM) generation using the SAR interferometry technique, Arabian Journal of Geosciences, No. 7, pp. 827-837.
2. Moawad, M., Abdel Aziz, A., and Mamtimin, B. (2014) Flash floods in the Sahara: a case study for the 28 January 2013 flood in Qena, Egypt, Journal of Geomatics, Natural Hazards and Risk, http:/dx.doi.org/10.1080/19475705.2014.885467
3. Othman, A., Al-Saady, Y., Al-Khafaji, A., and Gloaguen, R. (2014) Environmental change detection in the central part of Iraq using remote sensing data and GIS, Arabian Journal of Geosciences, No. 7, pp. 1017-1028.
4. Wakode, H., Baier, K., Jha, R., and Azzam, R. (2014) Analysis of urban growth using Landsat TM/ETM data and GIS: a case study of Hyderabad, India, Arabian Journal of Geosciences, No. 7, pp. 109-121.
5. El-Shirbeny, M., Aboelghar, M., Arafat, S., and El-Gindy, A. (2014) Assessment of the mutual impact between climate and vegetation cover using NOAA-AVHRR and Landsat data in Egypt, Arabian Journal of Geosciences, No. 7, pp. 1287-1296.
6. Elhanafy, H. (2014) Exploring and studying the shoreline erosion using different airborne missions: An example in Egypt north

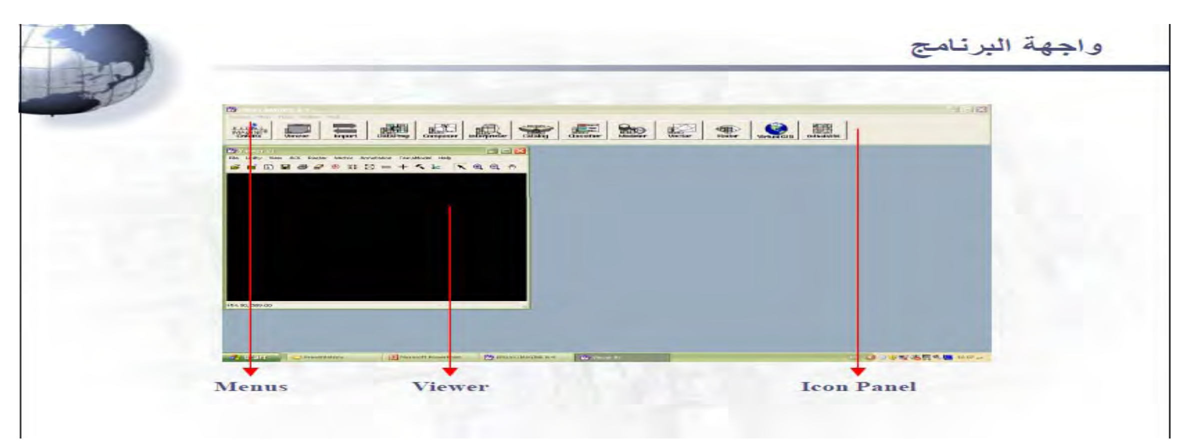
coast, International Journal of Environmental Science and Development, V. 5, No. 6, pp. 539-542.

7. Gaber, A., Darwish, N., Sultan, Y., Arafat, S., and Koch, M. (2014) Monitoring building stability in Port-Said city, Egypt using differential SAR interferometry, International Journal of Environmental Sustainability, V. 3, No. 1, pp. 14-22.
8. Zaid, S., Momoun, M. and Al-Mobark, N. (2014) Vulnerability assessment of the impact of sea level rise and land subsidence on the north Nile delta region, World Applied Sciences Journal, V. 32, No. 3, pp. 325-342.
9. Cho, J., Lee, Y., Yeh, P., Han, K., and Kanae, S., (2014) Satellite-based assessment of large-scale land cover change on Asian arid regions in the period of 2001-2009, Journal of Environmental Earth Sciences, No. 71, pp, 3935-3944.
10. Gupta, M., Mohanty, K., Kumar, D., and Banerjee, R. (2014) Monitoring surface elevation changes in Jharia coalfield, Indi using synthetic aperture radar interferometry, Journal of Environmental Earth Sciences, No. 71, pp, 2875-2883.
11. Saad, A., Amen, M., Refaat, M., and Morad, A. (2014) Utilization of high spatial satellite images reflectance's to estimate the nautical charts of the river Nile, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, V. 8, No. 10, pp. 541-547.
12. Al-Bakri, J., Duqqah, M., and Brewer, T. (2013) Application of remote sensing and GIS for modelling and assessment of land use/cover change in Amman, Jordan, Journal of Geographic Information System, No. 5, pp. 509-519.
13. Effat, H. and Hegazy, M. (2013) A multi-disciplinary approach of mapping potential urban development zones in Sinai peninsula, Egypt using remote sensing and GIS, Journal of Geographic Information System, No. 5, pp. 567-583.
14. Aziz, M. (2013) Applying the normalized difference built-up index to the Fayoum oasis, Egypt (1984-2013), Bul. Soc. Geog. d'Egypte, Tome LXXXVII, pp. 53-66.
15. Abou El-Magd, I., Hassan, O., and Arafat, S. (2013) Quantification of sand dune movements in the south western part of Egypt using remotely sensed data and GIS, Journal of Geographic Information System, No. 5, pp. 498-508.
16. Afifi, A., Elsemary, M., and Wahab, A. (2013) Urban sprawl of greater Cairo and its impact on the agricultural land using remote

sensing and digital soil map, Journal of Applied Sciences Research, V. 9, No. 8, pp. 5159-5167.
17. El-Sammany, M., Abou El-Magd, I., and Hermas, E., (2011) Creating a digital elevation model from SPOT 4 satellite stereo-pair images for Wadi Watier, Sinai peninsula Egypt, Nile Basin Water Science and Engineering Journal, V. 4, No. 1, pp. 49-59.
18. Ebid, H. and Ismail, S. (2010) Lake Nasser evaporation reduction study, Journal of Advanced Research, No. 1, pp. 315-322.
19. Bastawesy, M., White, K., and Nasr, A. (2009) Integration of remote sensing and GIS for modelling flash floods in Wadi Hudain catchment, Egypt, Hydrological Processes Journal, No. 23, pp. 1359-1368.
20. Elmanadili, Y. (2007) Production of 1:5000 digital city maps from high resolution satellite images: A case study for Marsa Matrouh city, Civil Engineering Research Magazine, V. 29, No. 1, pp. 57-72.

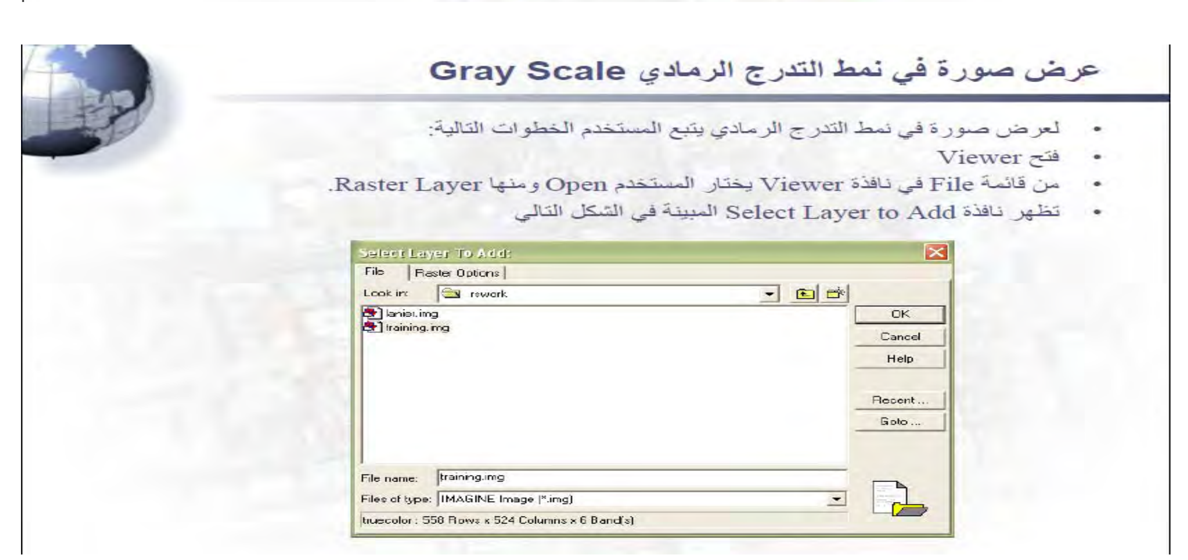
(١) عرض البيانات

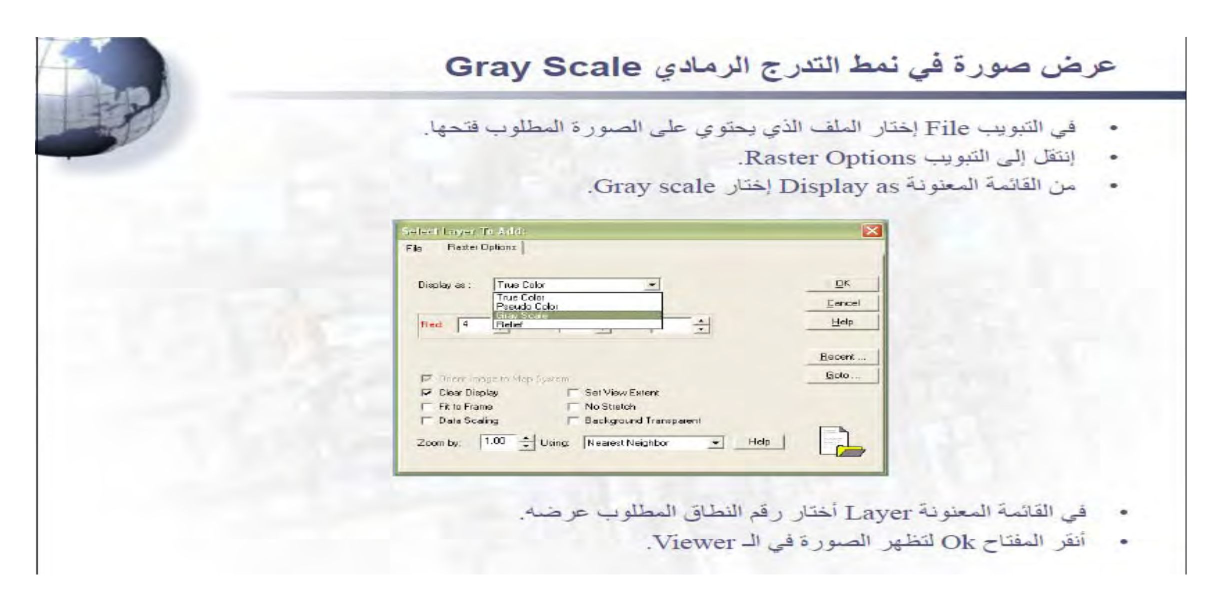


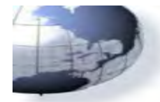




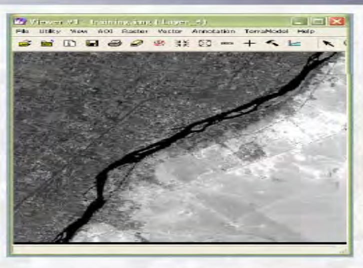

الـ Viewer
يستخدم Viewer لعرض البيانات (المرئيات/ الصور).
يمكن إستدعاء الـ Viewer من خلال النقر على الأيقونة المبينة:
Viewer
يظهر الـ Viewer المبين في الشكل التالي:


عرض صورة في نمط التدرج الرمادي Gray Scale
لعرض صورة في نمط التدرج الرمادي يتبع المستخدم الخطوات التالية:
فتح Viewer
من قائمة File في نافذة Viewer يختار المستخدم Open ومنها Raster Layer.
تظهر نافذة Select Layer to Add المبينة في الشكل التالي
Select Layer To Add:
File
Raster Options
Look in:
rework
lanier.img
training.img
OK
Cancel
Help
Recent ...
Goto ...
File name:
training.img
Files of type:
IMAGINE Image (*.img)
truecolor : 558 Rows x 524 Columns x 6 Band(s)


عرض صورة في نمط التدرج الرمادي Gray Scale
في التبويب File إختار الملف الذي يحتوي على الصورة المطلوب فتحها.
إنتقل إلى التبويب Raster Options.
من القائمة المعنونة Display as إختار Gray scale.
في القائمة المعنونة Layer أختار رقم النطاق المطلوب عرضه.
أنقر المفتاح Ok لتظهر الصورة في الـ Viewer.

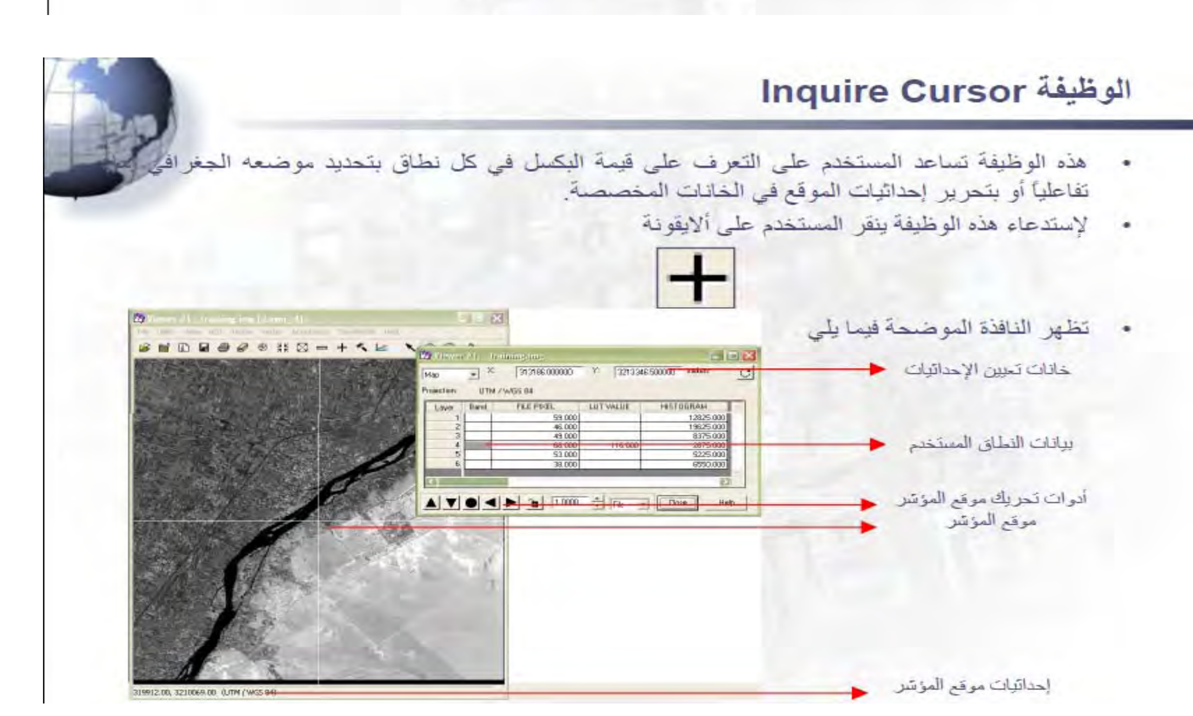


عرض صورة في نمط التدرج الرمادي Gray Scale



- ما هو النطاق Band المعروض في الـ Viewer؟
- إذا كان المجس المستخدم في جمع هذه البيانات هو +Landsat ETM ما هي المنطقة الطيفية التي يغطيها هذا النطاق، وما هي المعلومات الممكن قراءتها عبر هذا النطاق؟
- ما هو معنى اللون المستخدم لعرض كل صورة؟







القياسات Measurements

- المعنى بالقياسات هو تحديد الأطوال والمساحات على الصورة المستعدلة جغرافياً Georeferenced.
- لإستدعاء هذه الوظيفة ينقر المستخدم على الأيقونة
- تظهر النافذة المبينة في الشكل المقابل
- لضبط الوحدات المستخدمة في القياس
- من قائمة edit يختار المستخدم set units
- تظهر نتائج القياس في النافذة



أداة Profile

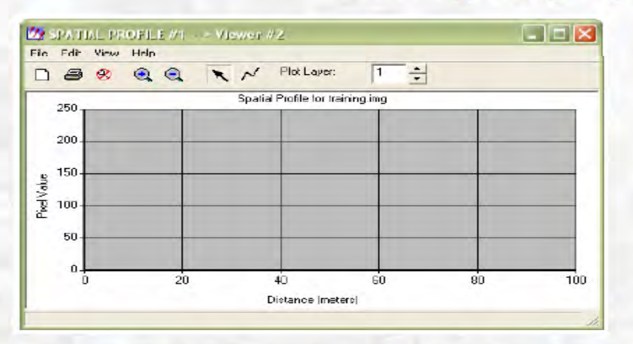
- تستخدم هذه الأداة لتحديد أنواع المقاطع المختلفة ويمكن إستدعاءها من خلال النقر على الآيقونة
- تظهر النافذة المبينة فيما يلي وهي تسأل المستخدم عن نوع المقطع المطلوب



- لتنفيذ مقطع يبين التغير في الإنعكاس الطيفي مع المسافة يختار المستخدم Spatial ثم ينقر المفتاح ok.

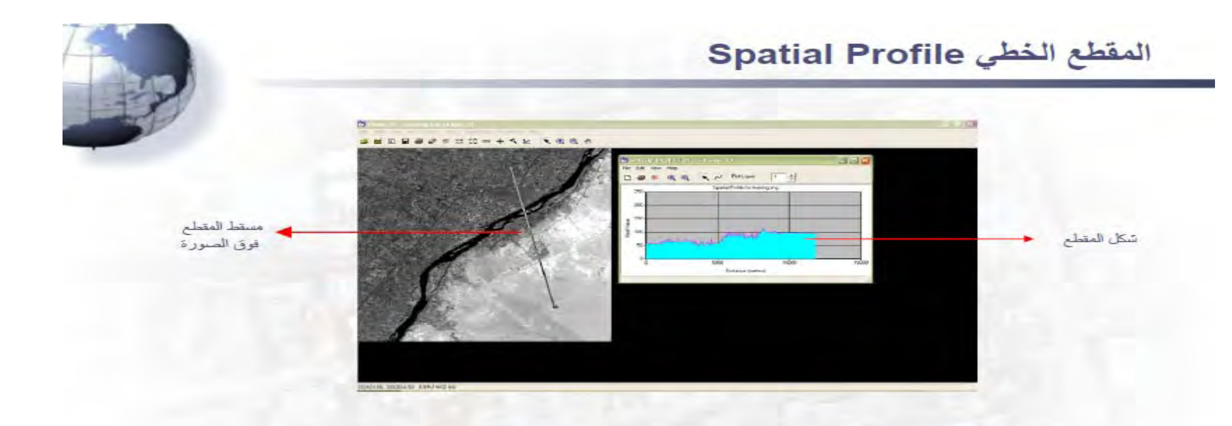
المقطع الخطي Spatial Profile

- بالنقر على مفتاح Ok تظهر النافذة المبينة



- في حالة وجود أكثر من Band يجب على المستخدم تحديد النطاق المطلوب دراسة تغير الإنعكاس الطيفي فيه من خلال تحديد رقم النطاق في Plot Layer.
- ينقر المستخدم على أداة رسم المسار المبينة ثم يقوم برسم المسار المطلوب دراسة التغير فيه فوق الصورة.

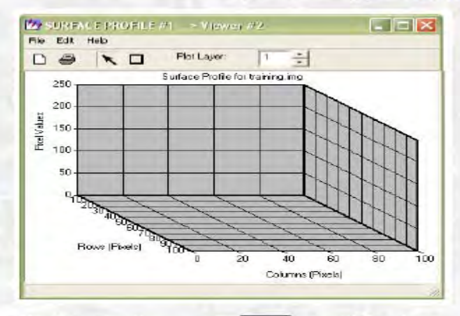
المقطع الخطي Spatial Profile



- النافذة المبينة هي النافذة التي يظهر فيها المقطع حيث يبين المحور الأفقي المسافة مقاسة من بداية رسم مسقط المقطع فوق الصورة وحتى نهايته، أما المحور الرأسي فيبين قيمة البكسل في النطاق المحدد في Plot Layer.

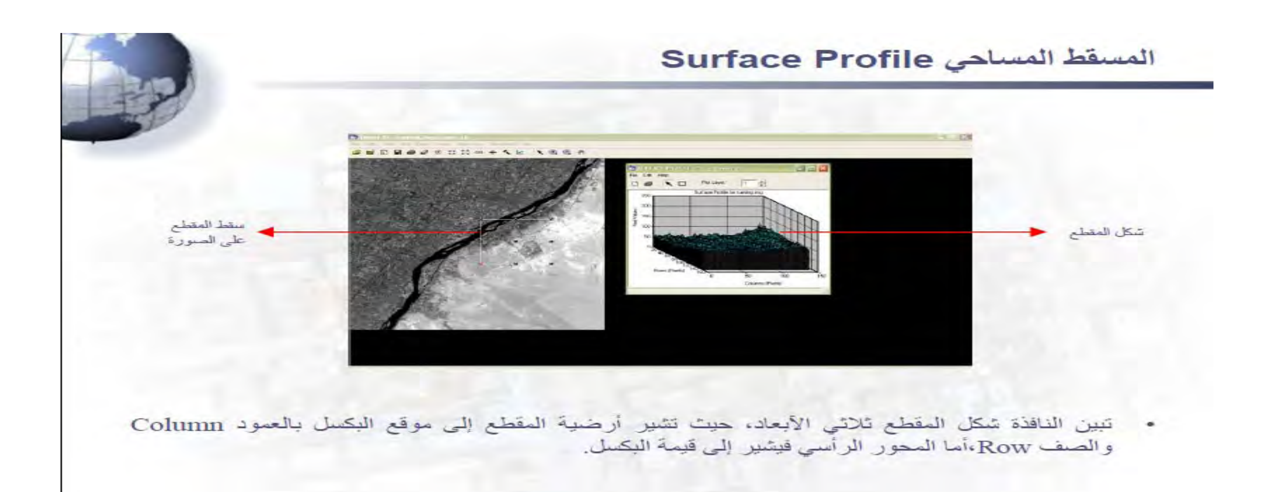
المقطع المساحي Surface Profile

- يمكن للمستخدم أن يختار Surface Profile لإنتاج نموذج ثلاثي الأبعاد مبسط يعبر عن الإنعكاس الأرضي في مساحة من الأرض.
- عند إختيار Surface Profile تظهر النافذة المبينة



- بنفس الطريقة ينقر المستخدم على الأيقونة ▢ ثم يرسم المساحة المطلوب دراستها فوق الصورة.

المسقط المساحي Surface Profile

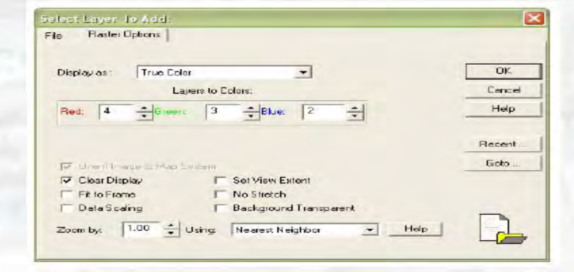


- تبين النافذة شكل المقطع ثلاثي الأبعاد، حيث تشير أرضية المقطع إلى موقع البكسل بالعمود Column والصف Row،أما المحور الرأسي فيشير إلى قيمة البكسل.



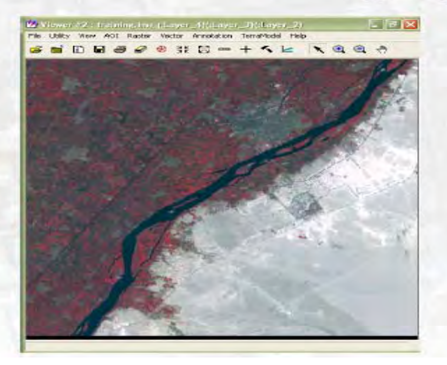
عرض صورة في نمط متعدد النطاقات Multispectral

- لعرض صورة في نمط التدرج الرمادي يتبع المستخدم الخطوات التالية:
- فتح Viewer
- من قائمة File في نافذة Viewer يختار المستخدم Open ومنها Raster Layer.
- تظهر نافذة Select Layer to Add إختر الصورة المطلوب فتحها، بالإنتقال إلى تبويب Raster Options تظهر النافذة التالية



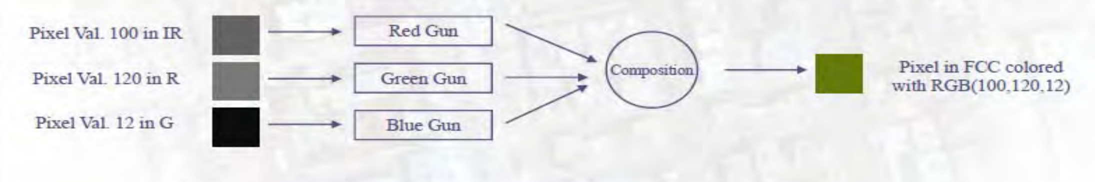
عرض صورة في نمط متعدد النطاقات Multispectral

- إختار النمط True Color لعرض الصورة.
- حدد النطاق المطلوب عرض كنطاق أحمر في Red وكذلك Green و Blue.
- أنقر المفتاح Ok لتظهر الصورة.



التركيب اللوني الزائف False Color Composite

- تستطيع للعين البشرية تمييز عدد كبير من الألوان.
- كل هذه الألوان تعتبر تركيب من ثلاثة ألوان (الأحمر – الأزرق – الأخضر) بدرجات مختلفة.
- يمكن للكومبيوتر محاكاة تركيب الأوان بواسطة خلط هذه الألوان الثلاثة.
- يمكن إستغلال هذه الخاصية من خلال تعيين نطاق طاقة لكل لون، عندئذ تكون قيمة البكسل (المميزة لشدة الطاقة المنعكسة عن سطح الأرض) هي نسبة اللون.
- يطلق على الصورة التي يستخدم لتركيبها نطاقات غير النطاقات الطبيعية المقابلة أسم False Color Composite.



القطاع الطيفي Spectral Profile

- بإستخدام أداة Profile يمكن التعرف على البصمة الطيفية المنبعثة من بكسل بعينة وذلك بإختيار Spectral
- *تنبيه:* هذه الإختيار يلزمه وجود صورة متعددة النطاقات على الأقل في الـ Viewer.
- عند إختيار هذه الأداة تظهر النافذة التالية:



- بتوقيع المستخدم للمحل المطلوب دراسته تظهر النافذة التالية

القطاع الطيفي Spectral Profile

شكل القطاع الطيفي

موقع أحد القطاعات

(٢) تنظيم البيانات من خلال Image Catalog

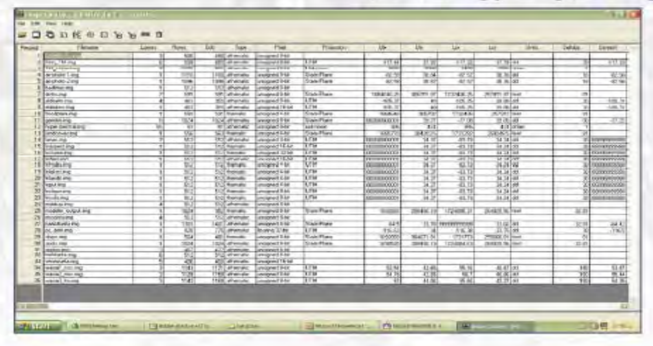


الـ Image Catalog

- هذه الوظيفة هي المسئولة عن إدارة البيانات
- يمكن الوصول إلى هذه الوظيفة من خلال النقر على الآيقونة



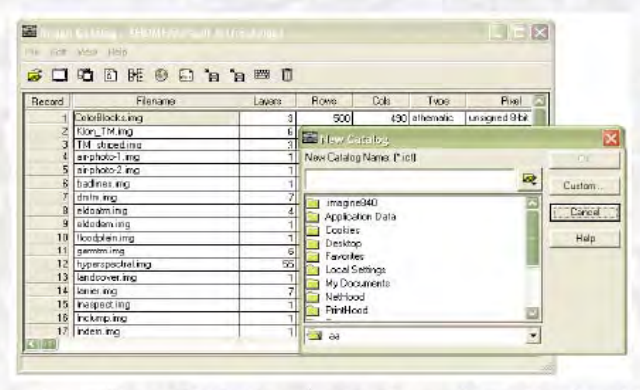
- الموجودة في الـ Icon Panel
- عند النقر على هذا الآيقونة تظهر النافذة التالية





إنشاء الـ Image Catalog

- لإنشاء Image Catalog جديد من النافذة التي ظهرت يختار المستخدم قائمة File ثم يختار New Catalog.
- تظهر النافذة التالية والتي تطلب من المستخدم تحدي الملف الذي سوف يحتوي على الكاتالوج.

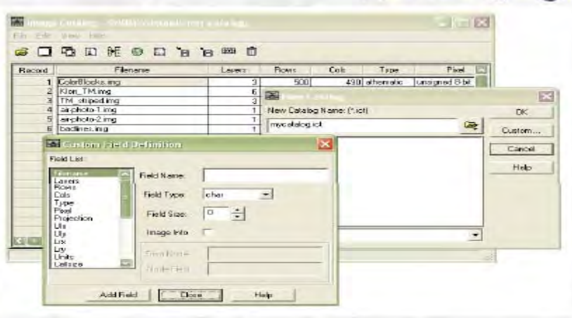


- في خانة New Catalog Name يحدد المستخدم أسم ملف الكاتالوج والذي سوف يحمل الإمتداد ict.

تخصيص واجهة الـ Catalog



- يمكن من خلال النقر على المفتاح Custom تغيير أو تخصيص الطريقة التي يظهر بها الكاتالوج. عند النقر على هذا المفتاح تظهر النافذة التالية:



- بالنقر على أي حقل من الحقول تتبين حالته.
- يمكن إضافة حقل جديد من خلال النقر على المفتاح Add Field.

تخصيص واجهة الـ Catalog



- كذلك يمكن تغيير طريقة عرض حقول الكاتالوج عبر قائمة Edit ومنها Catalog Layout لتظهر النافذة المقابلة.
  - المفاتيح Up – Down – Top – Bottom لتغيير ترتيب الحقول بالنسبة لبعضهم البعض.
  - المفتاح Show والمفتاح Hide للتبديل بين إظهار الحقول وإخفاءها.
  - المفتاح Reset Fields لإعادة كافة الحقول إلى الوضعية الإفتراضية لها.

إضافة بيانات إلى الـ Catalog

- من قائمة Edit يمكن للمستخدم أن يقوم بإضافة البيانات إلى الكاتالوج من خلال إختيار Edit ومنها Catalog Image لتظهر النافذة التالية:

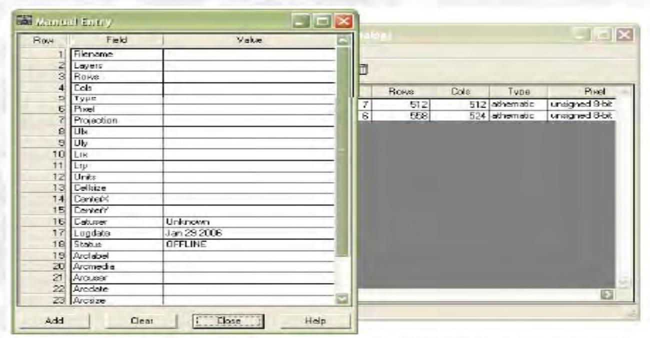


- يمكن إضافة أي بيانات إلى الكاتالوج عبر إختيار أسم الصورة ثم إختيار الصورة والنقر على Add.
- يمكن إضافة جميع البيانات الموجودة على مجلد عبر إختيار أحد الصور ثم النقر على Add All.



إضافة بيانات إلى الـ Catalog يدوياً

- يمكن إضافة البيانات إلى الـ Catalog يدوياً عبر قائمة Edit ثم إختيار Manual Entry لتظهر النافذة المبينة فيما يلي:

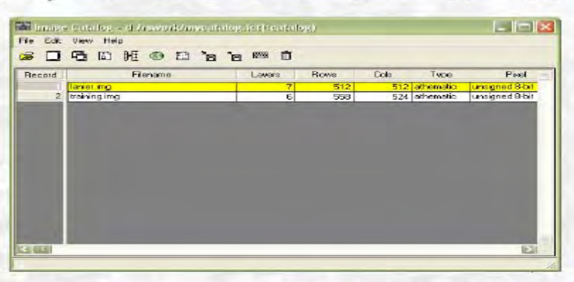


- من خلال هذه النافذة يمكن للمستخدم تحرير البيانات المطلوب خلال الأماكن المخصصة لذلك.

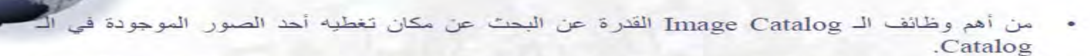


حذف بيان من الـ Catalog

- يحدد المستخدم البيان المطلوب حذفه من خلال النقر على دليل السجل الذي يحتويها



- من قائمة Edit يختار المستخدم Delete Image.



البحث عن البيانات بإستخدام الـ Image Catalog

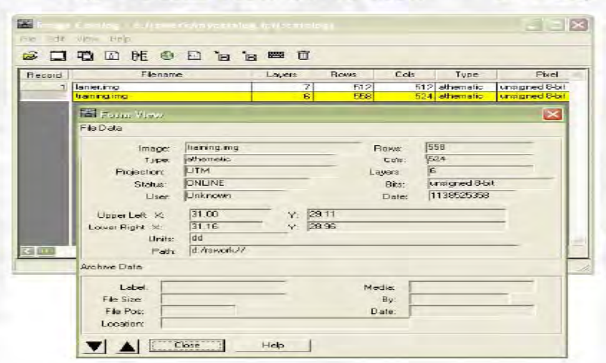
- من أهم وظائف الـ Image Catalog القدرة عن البحث عن مكان تغطيه أحد الصور الموجودة في الـ Catalog.
- يمكن البحث بإستخدام أداة الـ Graphical Query والتي يمكن الوصول إليها عبر قائمة View ومنها Graphical Query Viewer.





تصفح البيانات بإستخدام الـ Form

- يمكن تصفح البيانات الخاصة بكل صورة من خلال الـ Form.
- يمكن تنفيذ هذا الإجراء عبر قائمة View وإختيار Form View لتظهر النافذة المبينة





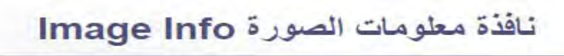
إستكشاف البيانات من الـ Catalog

- يمكن فتح الصورة عبر View وإختيار View Image لتظهر الصورة في الـ View



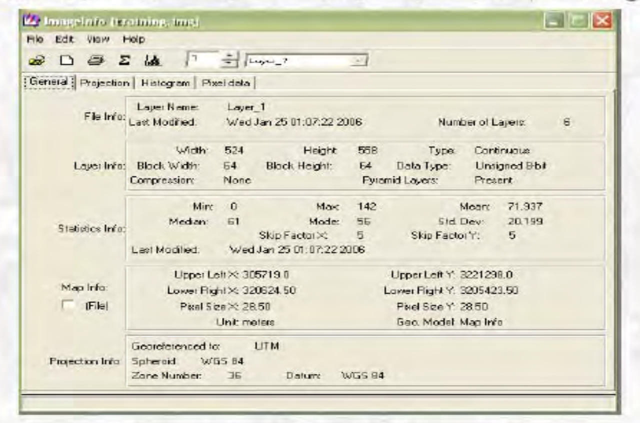
- يمن التعرف على البيانات الوصفية للصورة عبر View وإختيار Image Info.





نافذة معلومات الصورة Image Info

- النافذة Image Info تضم مجموعة مهمة من البيانات اللازمة لتحليل الصور معروضة خلال تبويبات

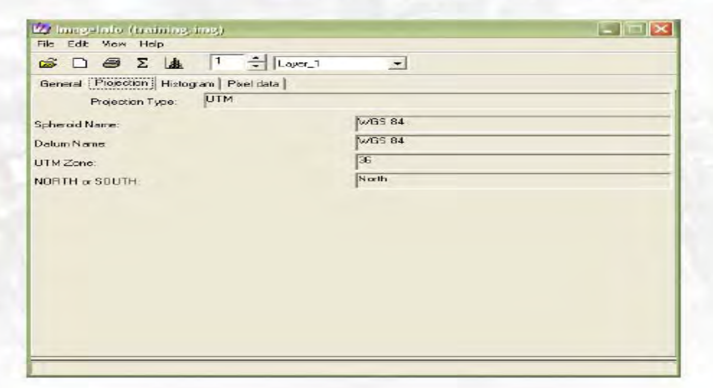


- التبويب General يعرض المعلومات الخاصة بالمسقط والمعلومات الإحصائية الأساسية.



نافذة معلومات الصورة Image Info

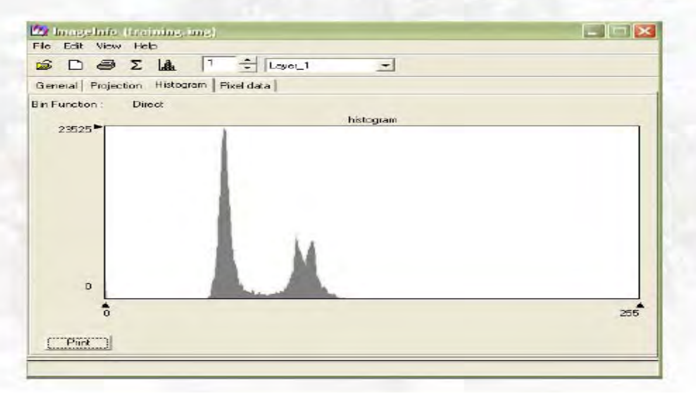
- التبويب Projection المسئول عن عرض بيانات المسقط





نافذة معلومات الصورة Image Info

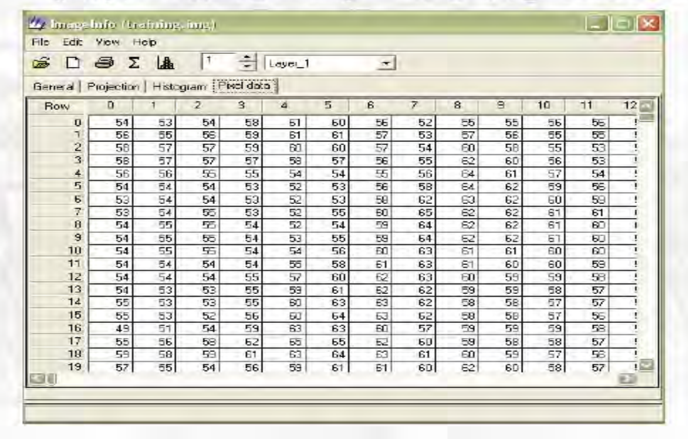
- التبويب Histogram ليبين التوزيع التكراري للبيانات في كل نطاق





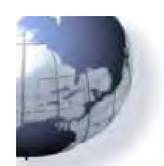
نافذة معلومات الصورة Image Info

- التبويب Pixel Data يسمح بعرض البيانات في كل نطاق بصورة الخام (أرقام)



Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	54	53	54	58	61	60	56	52	55	55	56	56
1	56	55	56	59	61	61	57	53	57	56	55	55
2	58	57	57	59	60	60	57	54	60	58	55	53
3	58	57	57	57	58	57	56	55	62	60	56	53
4	56	56	55	55	54	54	55	56	64	61	57	54
5	54	54	54	53	52	53	56	58	64	62	59	56
6	53	54	54	53	52	53	58	62	63	62	60	59
7	53	54	55	53	52	55	60	65	62	62	61	61
8	54	55	55	54	52	54	59	64	62	62	61	60
9	54	55	55	54	53	55	59	64	62	62	61	60
10	54	55	55	54	54	56	60	63	61	61	60	60
11	54	54	54	54	55	58	61	63	61	60	60	59
12	54	54	54	55	57	60	62	63	60	59	59	58
13	54	53	53	55	59	61	62	62	59	59	58	57
14	55	53	53	55	60	63	63	62	58	58	57	57
15	55	53	52	56	60	64	63	62	58	58	57	56
16	49	51	54	59	63	63	60	57	59	59	59	58
17	55	56	58	62	65	65	62	60	59	58	58	57
18	59	58	59	61	63	64	63	61	60	59	57	56
19	57	55	54	56	59	61	61	60	62	60	58	57

(٣) انتاج الخرائط باستخدام Map Composer



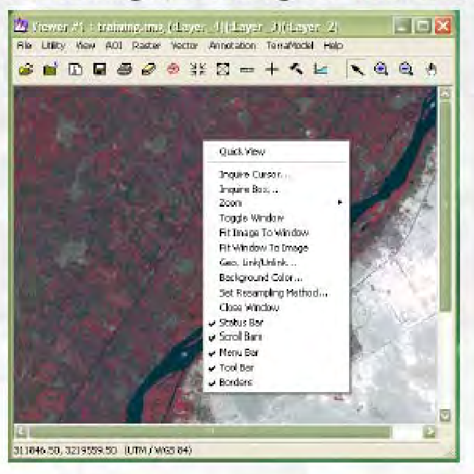
الـ Map Composer

- الـ Map Composer هو الأداة المسئولة عن تصميم وإنتاج الخريطة في البرنامج ERDAS IMAGINE.
- يمكن من خلال الـ Map Composer القيام بالمهام التالية:
  - إنتاج الخرائط من بيانات الإستشعار من بعد الخام.
  - إنتاج الخرائط من بيانات الإستشعار من بعد المصنفة Classified.
  - إضافة الشبكات الإحداثية إلى الخريطة.
  - إضافة سهم الشمال إلى الخريطة.
  - إضافة مقياس الرسم إلى الخريطة.
  - إضافة دليل الخريطة.
  - إضافة رسوم وأشكال توضيحية إلى الخريطة.



قبل تنفيذ الخريطة

- قبل تنفيذ الخريطة يجب على المستخدم تنفيذ بضع خطوات:
  - تصميم الخريطة على ورقة تماثل حجم الوقة التي سوف يتم طباعة الخريطة عليها.
  - فتح البيانات المطلوب فتحها في Viewer جديد.
  - وضع البيانات في أفضل حيز ممكن ويمكن أن يصل المستخدم لهذا الوضع عن طريق النقر اليمين على الـ Viewer وإختيار Fit Image to Window ثم Fit Window to Image.





إنشاء خريطة جديدة

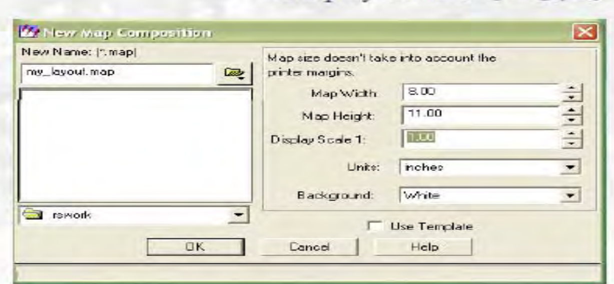
- من الـ Icon Panel إختار Map Composer.
- من القائمة المنسدلة إختار New Map Composer.
- تظهر نافذة معنونة بـ New Map Composition.

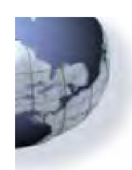




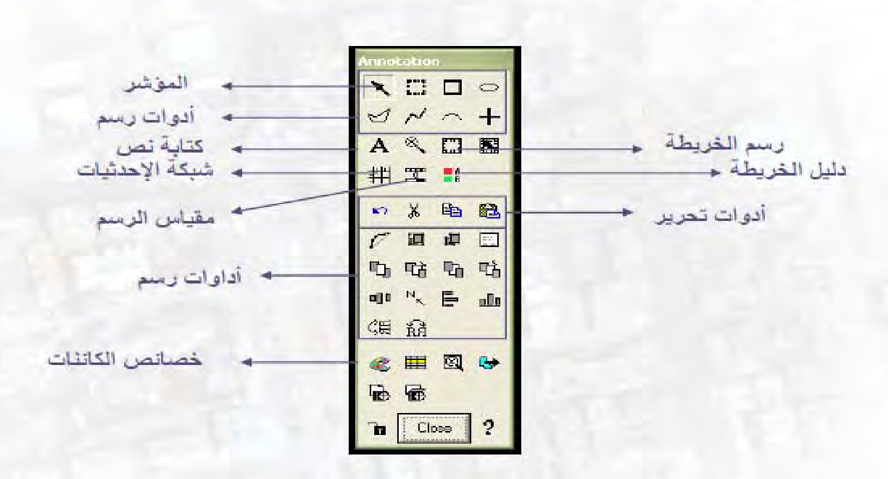
تحديد مواصفات الورقة

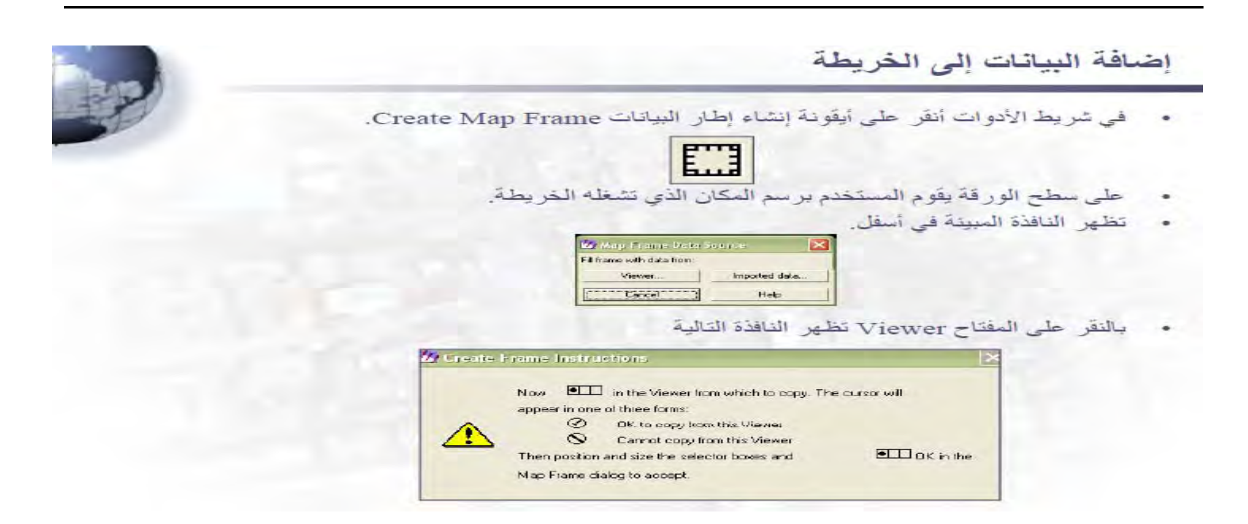
- على المستخدم تنفيذ الأجراءات:
  - في الخانة New Name حدد إسم الملف الذي سوف يحتوى الخريطة المنتجة.
  - حدد الوحدة المستخدمة في قياس الورقة في الخانة Units.
  - طول و عرض الخريطة بنفس الوحدة Map Width و Map Height.
  - لون الخلفية في Background.
  - نسبة الطول إلى العرض Display Scale.





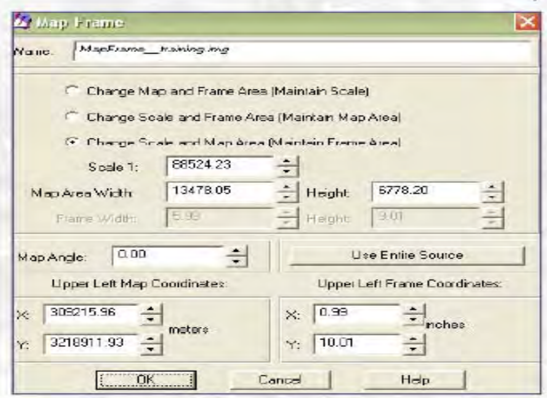
أدوات الـ Composer





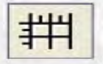
إضافة البيانات إلى الخريطة

- قم بالنقر داخل الـ Viewer الذي يحتوي على البيانات.
- تظهر النافذة التالية:



إضافة شبكة الإحداثيات إلى الخريطة

- بالنقر على أيقونة Create Grid Tics المبينة أسفل



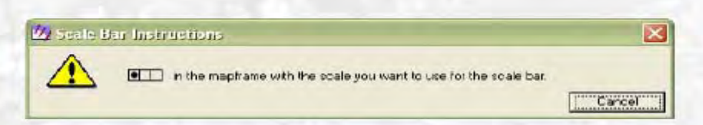
- تظهر النافذة المبينة أسفل





إضافة مقياس الرسم

- بالنقر على الآيقونة Create Scale Bar
- إرسم المكان الذي سوف يشغله مقياس الرسم على الخريطة.
- تظهر النافذة التالية:



- أنقر على الـ Viewer التي تحتوي بيانات الإستشعار من بعد الموجودة في الـ Composer.



إضافة سهم الشمال

- لإضافة سهم الشمال ينقر المستخدم على الأيقونة Create Symbol Annotation
- ثم قم بالنقر على المكان المطلوب وضع سهم الشمال فيه.
- إنتقي العلامة التي تظهر ثم أنقر على آيقونة الخصائص.



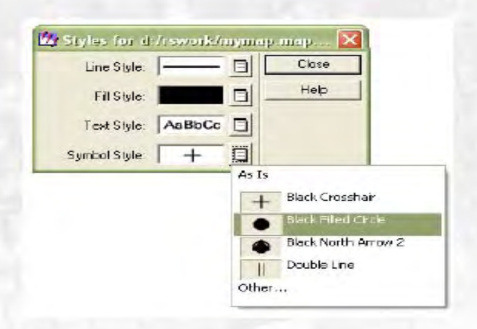
- تظهر نافذة الخصائص المبينة.





إضافة سهم الشمال

- ينقر المستخدم على المفتاح Symbol Style
- تظهر النافذة المبينة أسفل لينقر المستخدم على مفتاح الإستعراض
- يمكن للمستخدم إختيار أحد أسهم الشمال المقترحة أو النقر على Other لإختيار سهم آخر.



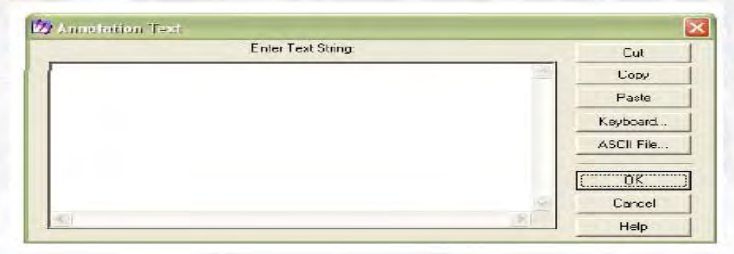


إضافة نصوص إلى الخريطة

- الرمز التالي هو المسئول عن إضافة نصوص إلى الخريطة



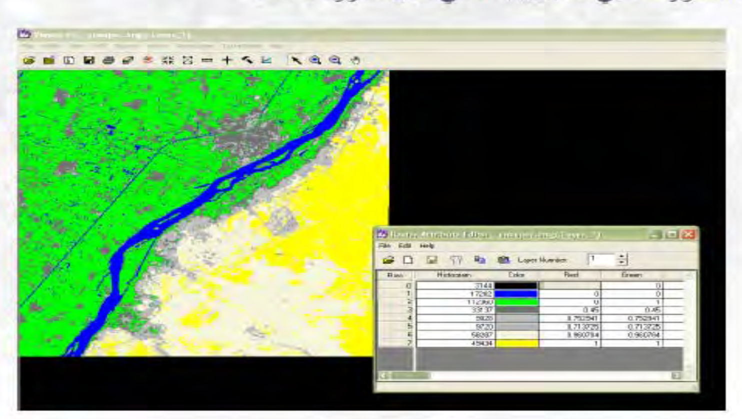
- لإضافة النص يقوم المستخدم بالنقر على هذا الرمز ثم النقر في المكان الذي يرغب في إضافة النص إليه على الخريطة تظهر النافذة التالية حيث يمكن للمستخدم أن يخصص النصوص التي يرغب فيها





إضافة دليل الخريطة للصور المصنفة

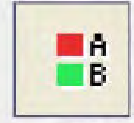
- الصور المصنفة هي خرائط موضوعية تم إنتاجها بإستخدام أساليب معينة سنتعرض لها فيما يلي
- الصورة المصنفة تتكون من مناطق ملونة، وكل لون يستخدم كدليل على التصنيف
- الصورة المعروضة في الـ View التالي تمثل صورة مصنفة





إضافة دليل الخريطة للصور المصنفة

- الرمز التالي هو الرمز المسئول عن إدراج دليل الخريطة



(٤) تصنيف الصور Image Classification

مفهوم التصنيف Classification Concept

- التصنيف Classification : هو عملية الغرض منها تقسيم الصورة إلى عدد من الفئات Classes تمثل كل فئة منها ظاهرة محددة من سطح الأرض.

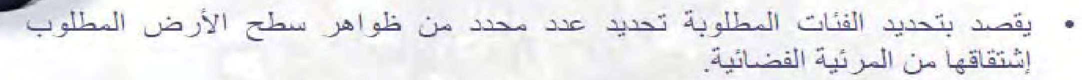


الخطوات اللازمة لإتمام عملية تصنيف الصورة



- تحديد الفئات المطلوبة من الصورة.
- تنفيذ التصنيف غير الموجه.
- تنفيذ التصنيف الموجه.
  - تحديد مناطق التدريب.
  - إنتاج وتقييم البصمات الطيفية.
  - تنفيذ التصنيف.
- تقييم كفاءة التصنيف.

تحديد الفئات المطلوبة



- يقصد بتحديد الفئات المطلوبة تحديد عدد محدد من ظواهر سطح الأرض المطلوب إشتقاقها من المرئية الفضائية.
- يوجد عدد من الأنظمة القياسية الموحدة عالميا لتسمية وتوصيف الفئات:
  - USGS Land Cover / Land Use Classification Scheme
  - CORINE Scheme
- أحيانا يحدث أن توجد بعض الظواهر المحلية الغير مدرجة في الأنظمة القياسية لذا يقوم الباحث بتحديد تسميات هذه الظواهر وتوصيفها بنفسه.
- يوجد عدد من الأنظمة المحلية المستخدمة للتوصيف:
  - Egyptian Land Cover Scheme for Coastal Arid and Semi Arid Areas.
- نظراً لعدم قبول الكثير من العلماء فكرة وجود تحديد شامل للفئات على مستوى الأرض فإن كثير من الباحثين يلجأ إلى تحديد الفئات المطلوبة في موضوع بحثه.

USGS Land Cover / Land Use Classification System

Level I	Level II
1 Urban or Built up Land	11 Residential
	12 Commercial and Service
	13 Industrial
	14 Transportation, communication and utilities.
	15 Industrial and commercial complexes
	16 Mixed urban & built up land
	17 Other urban and built up land
2 Agricultural land	21 Cropland & pasture
	22 Orchards, groves, vineyard, nurseries, and ornamental horticultural areas
	23 Confined feeding operations
	24 Other agricultural land

العوامل التي يتوقف عليها إختيار الفئات

- الطبيعية البيئية للمنطقة (دلتا – صحراوية – غابات – جبلية – ساحلية - ....).
- الدقة المساحية للمرئية المستخدمة.
- الدقة الطيفية للمرئية المستخدمة.
- الدقة الراديومترية للمرئية المستخدمة.

التصنيف غير الموجه Unsupervised Classification

- التصنيف غير الموجه Unsupervised Classification هو عملية تصنيف للصورة تقوم على تقسيم الصورة إلى فئات بناء على إحصائيات الصورة Image Statistics.
- لا يشترط التصنيف غير الموجه معرفة الدارس بمنطقة الدراسة
- يستخدم في عملية التصنيف غير الموجه أسلوب يطلق عليه:

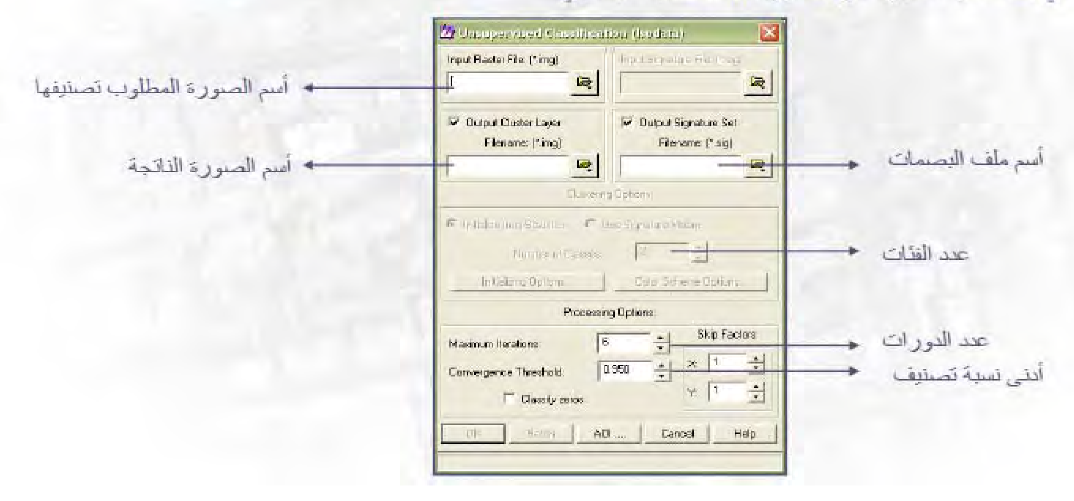
Iterative Self Organized Data Analysis Technique (ISODATA)

- يتطلب هذا الأسلوب من المستخدم عدد محدود من المدخلات هي:
  - أسم الصورة المطلوب تصنيفها.
  - عدد الفئات المطلوب تصنيف الصورة إليها.
  - عدد دورات تنفيذ عملية التصنيف.
  - مستوى دقة المطلوبة في البحث عن البيانات.
  - ملف البصمات الطيفية (إختياري).



تنفيذ التصنيف غير الموجه

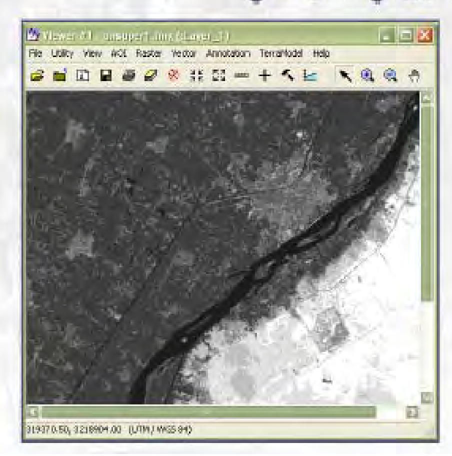
- يمكن الوصول إلى التصنيف غير الموجه من خلال أحد مكانين:
  - من قائمة Classification ومنها Unsupervised Classification.
  - من قائمة Data Preparation ومنها Unsupervised Classification.
- في حالة تنفيذ الخيار الأول تظهر النافذة المبينة فيما يلي:





عرض الصورة الناتجة

- قم بفتح نافذة Viewer جديدة.
- من قائمة File إختار Open ومنها Open Raster Layer.
- قم بإختيار الصورة المصنفة (الصورة الناتجة) في التبويب File.
- تأكد أن الإختيار Pseudo Color هو الخيار المختار في القائمة Display as.
- إختيار Ok.
- تظهر الصورة كما هو مبين في الشكل التالي.



تخصيص دليل للصورة المصنفة

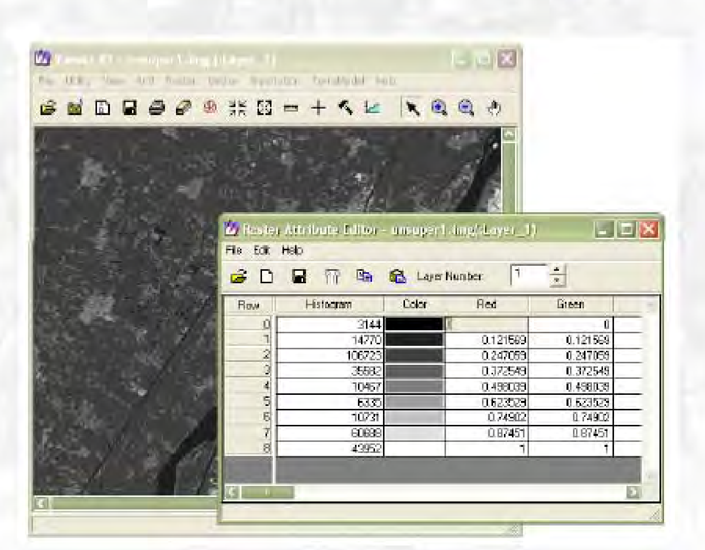
- بعد القيام بعملية التصنيف يكون من المناسب أن يقوم الدراس بتخصيص دليل Legend للصورة المصنفة.
- يتكون الدليل من تسمية لكل فئة ولون مخصص لها.
- لتنفيذ هذا يجب على المستخدم فتح الصورة بطريقة خاصة كما يلي:
  - قم بفتح نافذة Viewer جديدة.
  - من قائمة File إختار Open ومنها Open Raster Layer.
  - قم بإختيار الصورة اصلية في التبويب File.
  - قم بإختيار التركيب اللوني المناسب في التبويب Options.
  - في نفس الـ Viewer إختار قائمة File إختار Open ومنها Open Raster Layer.
  - قم بإختيار الصورة المصنفة (الصورة الناتجة) في التبويب File.
  - في التبويب Options تأكد أن الإختيار Pseudo Color هو الخيار المختار في القائمة Display as ثم قم بإزالة علامة صح من أمام الخيار Clear Display لتمكين الـ Viewer من عرض الصورتين فوق بعض.
  - أنقر Ok.



إنشاء دليل الخريطة



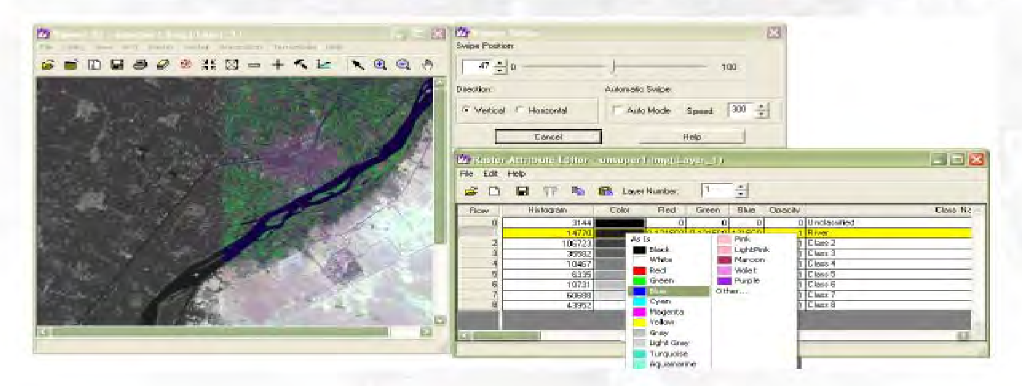
- من قائمة Raster إختار Attribute.
- تظهر النافذة المبينة فيما يلي.





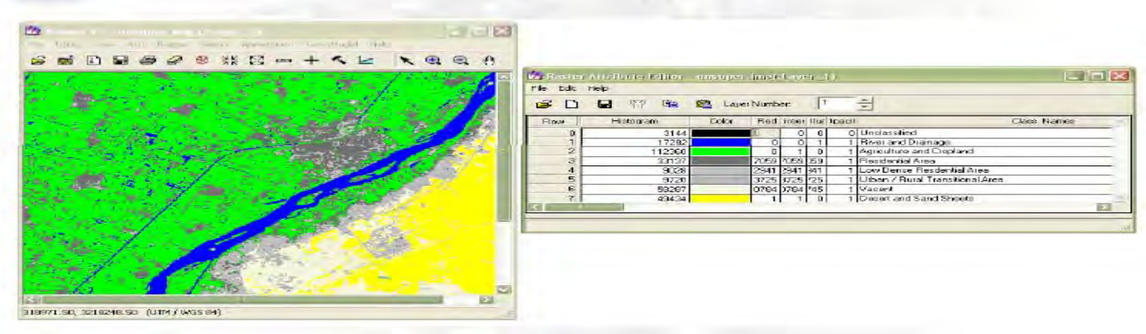
إنشاء دليل الخريطة

- يقوم المستخدم بالنقر على أي بكسل في الـ Viewer ليتم إختيار الفئة التي تنتمي إليها في نافذة Raster Attribute.
- في حالة عدم معرفة المستخدم لهذه الفئة يمكنه أن يستخدم الخيار Swipe من قائمة Utilities.
- في نافذة Raster Attribute يقوم المستخدم بتخصيص الأسم المناسب واللون المناسب.





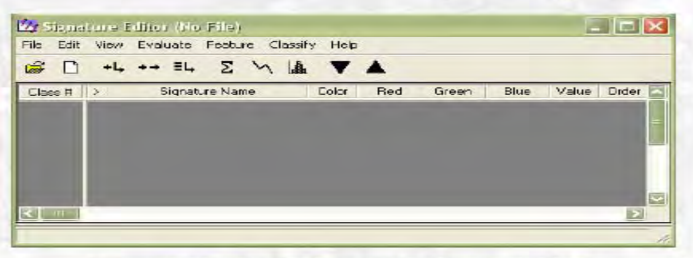
إنشاء دليل الخريطة





ملف البصمات الطيفية

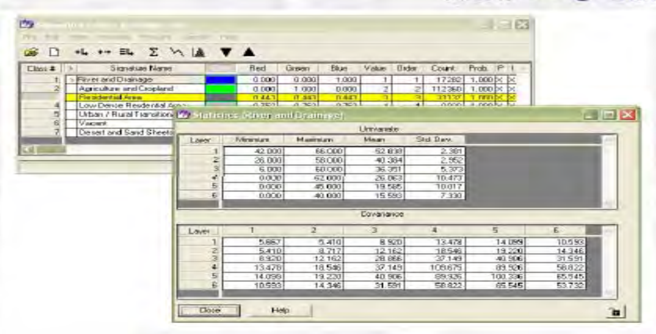
- هو الملف الذي يحفظ البصمة الطيفية لكل فئة من فئات التصنيف.
- ملف البصمات الطيفية إختياري في التصنيف غير الموجه لكنه إجباري في التصنيف الموجه.
- لفتح ملف بصمات طيفية من قائمة Classify يختار المستخدم Signature Editor
- تظهر النافذة المبينة في الشكل التالي:



- لتحميل ملف بصمات طيفية يختار المستخدم من قائمة File الخيار Open.
- الملفات التي تحمل البصمة الطيفية لها الإمتداد sig.*.

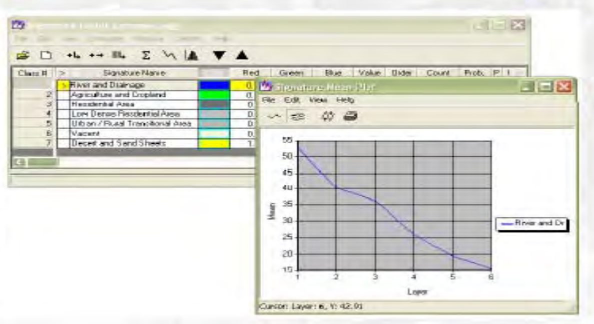
إحصائيات البصمة الطيفية

- تغطي لفظة إحصائيات مجموعة مؤشرات إحصائية تشتمل على: القيمة الصغرى – القيمة العظمى – المتوسط – الوسيط – المنوال – التشتت – الإنحراف المعياري.
- تعتبر الإحصائيات هي ما يميز فئة عن أخرى.
- للتعرف على إحصائيات البصمة الطيفية لفئة محددة ينقر المستخدم على السجل الذي يحتوي هذه البصمة ثم يختار Statistics من قائمة View.



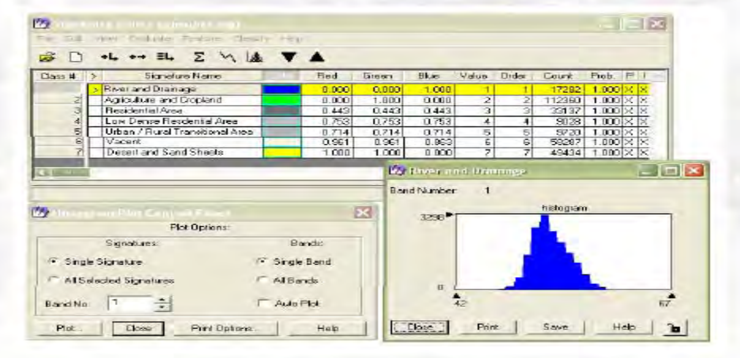
عرض منحنى البصمة الطيفية

- منحنى البصمة الطيفية أو منحنى المتوسطات Meanplot يبين القيمة المتوسطة للبكسلات الواقعة في فئة معينة في مختلف نطاقات الصورة.
- لعرض منحنى المتوسطات يختار المستخدم الفئة (أو الفئات) المطلوب عرض منحنى متوسطاتها ثم يختار Meanplot من قائمة View.



عرض المدرج التكراري للبصمة الطيفية

- المدرج التكراري Histogram هو منحنى بين توزيع قيم البكسلات في الفئة في نطاق محدد.
- للحصول على هذا المنحنى، يحدد المستخدم الفئة (أو الفئات) المطلوب عرض مدرجها التكراري، ثم يختار Histogram من قائمة Viewتظهر النافذة المبينة فيما يلي:



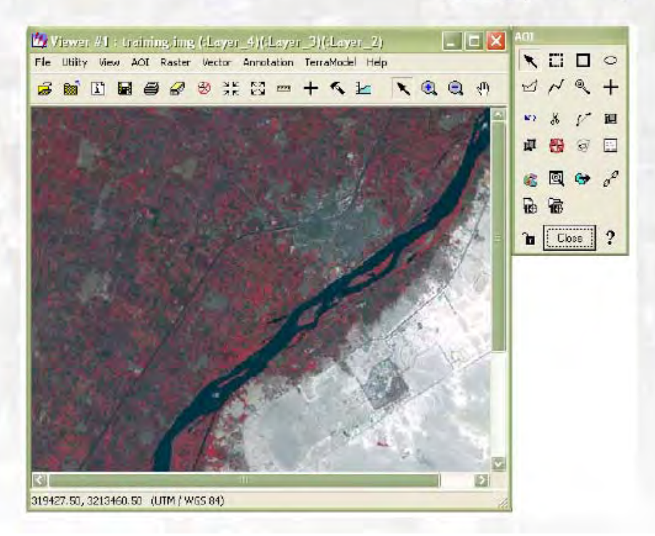
(٥) التصنيف الموجه للصور Supervised Classification

ما هو التصنيف الموجه

- التصنيف الموجه – التصنيف المحكوم – Supervised Classification – Pattern Recognition.
- التصنيف الموجه: هو عملية يتم توجيه الكومبيوتر من خلالها إلى تصنيف الصورة، لا على أساس الإحصائيات الداخلية للصورة كما في حالة التصنيف غير الموجه – لكن على أساس مجموعة من البيانات المعبرة عن فئات التصنيف المختلفة يطلق عليها عينات التدريب Training Samples يتم تغذيتها للكومبيوتر سلفاً ويمكنه من خلالها التعرف على الفئات المختلفة داخل الصورة.
- يستلزم التصنيف الموجه **معرفة مسبقة** من لدى المستخدم بمنطقة داخل الصورة حتى يتمكن من تحديد عينات التدريب في الصورة.
- عينة التدريب Training Sample هي منطقة معروفة الموقع والشكل بحيث يمكن تحديدها على الخريطة، تحتوي على فئة أراضي متجانسة.
- يتم التحصل على هذه المعرفة المسبقة من خلال إحدى الطرق التالية:
  - الزيارات الميدانية وتحديد مواقع عينات التدريب.
  - إستخدام الخرائط .
  - صورة مصنفة من قبل.

عينات التدريب Training Samples

- يتم تحديد موقع عينات التدريب بصورة دقيقة على الصورة من خلال رسم Area Of Interest (AOI) كيف؟
- يتم فتح الصورة في Viewer مع إختيار تركيب لوني زائف False Color Compositeمناسب.
- من قائمة AOI يختار المستخدم Tools.



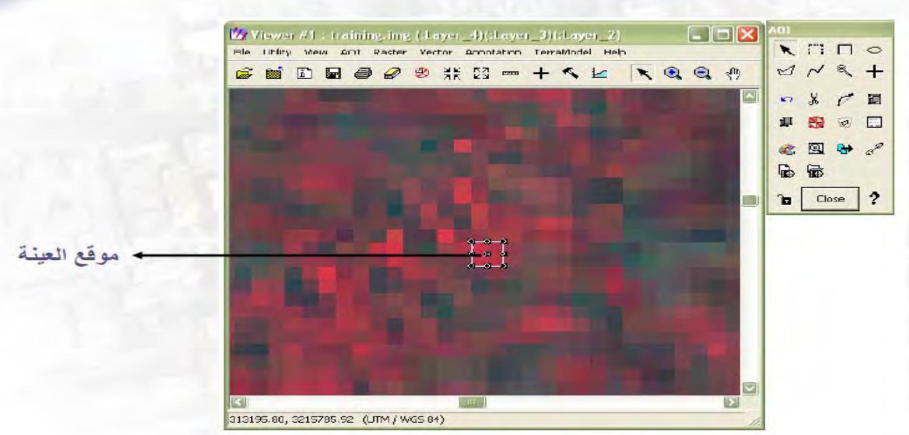
الـ Signature Editor

- الـ Signature Editor هو ذلك الجزء من برنامج Erdas Imagine الذي يقوم المستخدم من خلاله ببناء البصمات الطيفية بإستخدام الـ AOI.
- من القائمة الرئيسية لـ Erdas Imagine يختار المستخدم Classifier ومنها Signature Editor.



إنشاء عينة تدريب Training Sample Creation

- بإستخدام في أداة ☐ من أدوات الـ AOI يقوم المستخدم بتحديد موقع عينة التدريب فوق الصورة في الـ Viewer.



إنشاء عينة تدريب Training Sample Creation

- بعد تحديد منطقة موقع وشكل الـ AOI على الصورة، يقوم المستخدم بالنقر على الأداة +↳ في نافذة الـ Signature Editor ليتم إشتقاق بصمة الفئة من عينة التدريب.





كيف يتم إشتقاق البصمة الطيفية

1	1	2	3	3	2	2	4	4	4	4	4
1	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
1	1	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4
1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
1	1	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4
1	1	2	2	3	3	3	3	3			
1	1	2	2	3	3	3	3	3			
1	1	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4
1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4
1	1	1	2	2	2	3	4	4	4	4	4
1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4
1	1	1	2	2	2	4	4	4	4	4	4

البصمة الطيفية للفئة = إحصائيات عينة التدريب =

القيمة الصغرى = 2

القيمة الكبرى = 3

المتوسط = 2.96

الإنحراف المعياري = 0.2

دمج البصمات الطيفية لنفس الفئة

- من الممكن تحديد أكثر من عينة تدريب لفئة واحدة، عندئذ يمكن دمجهم من خلال إختيارهم من نافذة Signature Editor ثم النقر على الأيقونة [ ] لتظهر بصمة جديدة عندئذ يمكن للمستخدم إلغاء البصمات القديمة.



Class #	>	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	I	H	A	FS
		Agriculture 1		0.000	1.000	0.000	1	1	6	1.000	X		X	X	
		Agriculture 2		0.000	1.000	0.000	2	2	4	1.000	X		X	X	
		Agriculture 3		0.000	1.000	0.000	3	3	15	1.000	X	X	X	X	
4		Urban 1		0.307	0.403	0.393	4	4	48	1.000	X		X	X	
5		Urban 2		0.307	0.403	0.393	5	5	30	1.000	X		X	X	
6		Water 1		0.000	1.000	1.000	6	6	25	1.000	X	X	X	X	
7		Water 2		0.000	1.000	1.000	7	7	110	1.000	X	X	X	X	
8		Excavation 1		1.000	1.000	0.000	8	8	104	1.000	X	X	X	X	
9		Excavation 2		1.000	1.000	0.000	9	9	82	1.000	X	X	X	X	
10		Desert 1		1.000	0.843	0.000	10	10	624	1.000	X	X	X	X	
11		Desert 2		1.000	0.843	0.000	11	11	3969	1.000	X	X	X	X	
12	>	Agriculture		0.000	1.000	0.000	12	12	25	1.000	X	X	X	X	

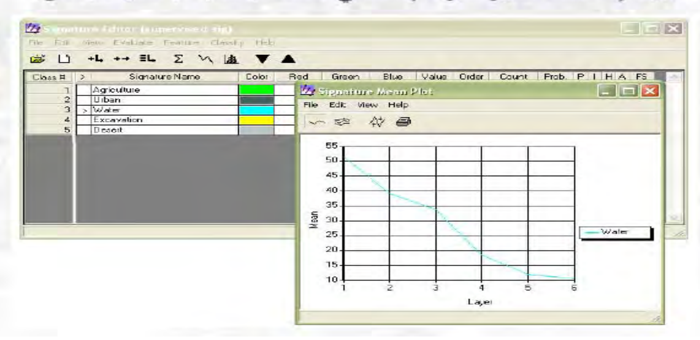


تقييم جودة عينات التدريب

- تستخدم أربعة طرق لتقييم جودة عينات التدريب وهي:
  - منحنى المتوسطات Mean Plot.
  - المدرج التكراري Histogram.
  - المنبه Alarm.
  - مصفوفة الإتساق Contingency Matrix.
  - تحليل الإنفصال Separability Analysis.
- تعتبر الطرق الثلاثة الأولى أدوات تعتمد على خبرة المستخدم، لذلك فهي تتسم بشئ من اللا موضوعية.
- الطريقتين الأخيرتين تعتمدان على مقياس رقمي موضوعي.

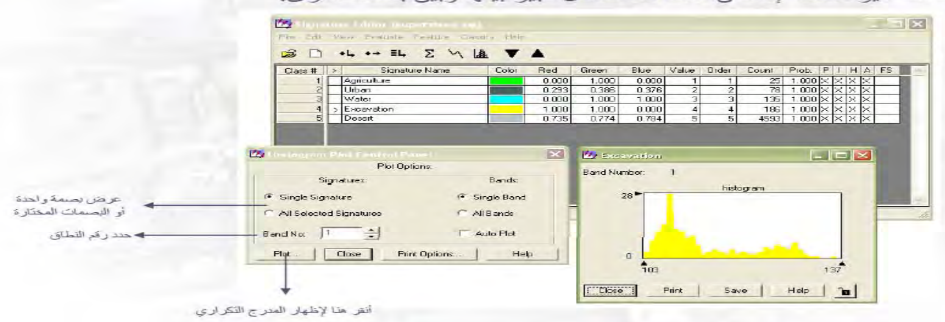
تقييم جودة عينات التدريب بإستخدام منحنى المتوسطات

- منحنى المتوسطات هو رسم بياني يبين متوسط قيم البكسلات المكونة للفئة في كل نطاقات الصورة.
- يمكن الحصول على منحنى المتوسطات من خلال الـ Signature Editor حيث يقوم المستخدم بتحديد الفئات المطلوب رسم منحنى متوسطاتها ثم من قائمة View يختار المستخدم Mean Plot لتظهر نافذه تعرض منحنى المتوسطات.
- تعتبر البصمات جيدة إذا كانت تظهر سلوك إحصائي مختلف بالنسبة لبعضها البعض.



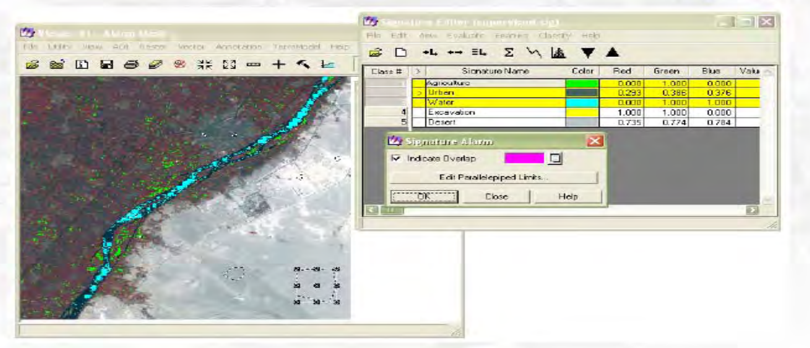
تقييم جودة عينات التدريب بإستخدام المدرج التكراري

- المدرج التكراري هو شكل بياني يبين التوزيع التكراري لقيم البكسلات في عينة التدريب في نطاق محدد.
- يمكن الحصول على المدرج التكراري للفئة من خلال تحديد الفئة في الـ Signature Editor ثم إختيار Histogram من قائمة View.
- تعتبر البصمة غير ملائمة إذا كان هناك ثمة تداخل كبير بينها وبين بصمة أخرى.



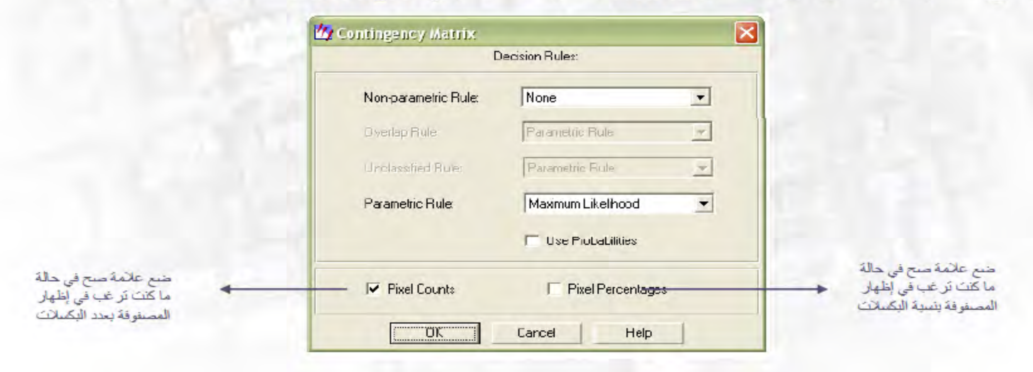
تقييم جودة عينات التدريب بإستخدام المنبه

- المنبه هو أداة تظهر جميع البكسلات المطابقة للبصمة الطيفية تمتم التطابق في جميع الصورة.
- من قائمة View يختار المستخدم Image Alarm تظهر نافذة لتحديد اللون المستخدم لتبيين المناطق المتداخلة بين فئات متعددة Indicate Overlap، بعد تحديد اللون يمكن للمستخدم النقر على ok لبدأ إظهار الفئات على الصورة.



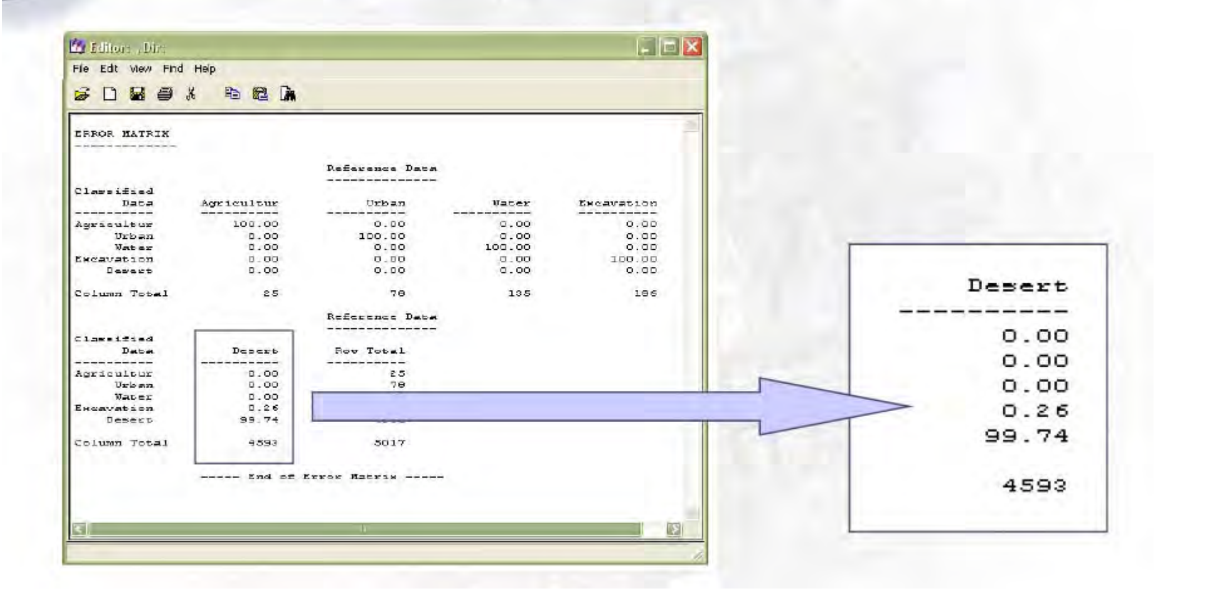
تقييم جودة عينات التدريب بإستخدام مصفوفة الإتساق

- من المنطقي في حالة بصمات متميزة وسليمة، عند تصنيف البكسلات الواقعة في مناطق عينات التدريب أنه سيتم تصنيفها للفئات المفترضة، أما إذا تم تصنيفها في فئات أخرى فإن عينات التدريب غير جيدة ويجب عندئذ إعادة جمع عينات التدريب.
- مصفوفة الإتساق هي مصفوفة تبين عدد البكسلات في مناطق عينات التدريب التي تم تصنيفها في الفئة التي تنتمي إليها وتلك التي صنفت في فئات أخرى خاطئة.
- تعتبر عينة التدريب جيدة إذا صنف نحو 5% من عدد البكسلات الواقعة فيها أو أقل من ذلك في فئات أخرى.
- لإنتاج مصفوفة الإتساق من قائمة Evaluate يختار المستخدم Contingency لتظهر النافذة التالية:



تقرير مصفوفة الإتساق

- يتم إنتاج تقرير في التهيئة ASCII Text يحتوي على مصفوفة الإتساق.



ERROR MATRIX

Reference Data

Classified Data	Agricultur	Urban	Water	Excavation
Agricultur	100.00	0.00	0.00	0.00
Urban	0.00	100.00	0.00	0.00
Water	0.00	0.00	100.00	0.00
Excavation	0.00	0.00	0.00	100.00
Desert	0.00	0.00	0.00	0.00
Column Total	25	78	135	186

Reference Data

Classified Data	Desert	Row Total
Agricultur	0.00	25
Urban	0.00	78
Water	0.00	[illegible]
Excavation	0.26	[illegible]
Desert	99.74	[illegible]
Column Total	4593	5017

----- End of Error Matrix -----

تقييم جودة عينات التدريب بإستخدام مقاييس الإنفصال

- مقياس الإنفصال هو قيمة عددية تبين مدى تباعد الفئات عن بعضها البعض.
- مصفوفة مقاييس الإنفصال تبين مقدار تباعد كل فئة عن الأخرى في شكل خلايا المصفوفة، الفئات نفسها تبدو متطابقة.
- لإنجاز تحليل الإنفصال يقوم المستخدم بإختيار Separability من قائمة Evaluate لتظهر نافذة يختار المستخدم منها نوع مقياس الإنفصال من أربعة مقاييس محددة.
- كما يختار ما بين أن يخرج التحليل في صورة تقرير من النوع ASCII أو في صورة نافذة تحتوي على مصفوفة.



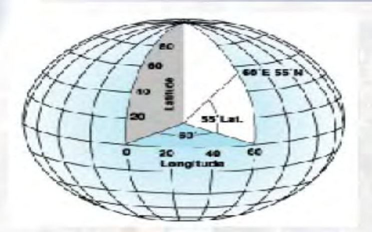
تقييم جودة عينات التدريب بإستخدام مقاييس الإنفصال

- في حالة إختيار المقياس Euclidian تعتبر البصمة جيدة في حال كانت قيمة تباعدها عن كل البصمات الأخرى تقترب من 220.
- في حالة إختيار المقياس Divergence تعتبر البصمة جيدة في حال كانت قيمة تباعدها عن كل البصمات الأخرى تقترب من 5000.
- في حالة إختيار المقياس Transformed Divergence تعتبر البصمة جيدة في حال كانت قيمة تباعدها عن كل البصمات الأخرى تقترب من 2000.
- في حالة إختيار المقياس Jefferies - Matusita تعتبر البصمة جيدة في حال كانت قيمة تباعدها عن كل البصمات الأخرى تقترب من 1414.
- أقل المقاييس جودة هو Euclidian وأفضلهم هو الـ Jefferies – Matusita.

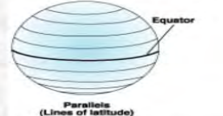
(٦) تصحيح الصور Image Rectification

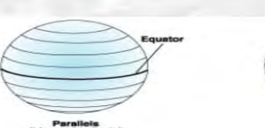
نظم الإحداثيات الجغرافية Geographic Coordinates Systems

- تستخدم نظم الإحداثيات الجغرافية سطح كروي ثلاثي الأبعاد لوصف المواقع على سطح الأرض.
- يتكون نظام الأحداثيات الجغرافي من:
  - وحدة قياس زاوية Angular Unit of Measure
  - خط طول أساسي Prime Meridian
  - سطح أساسي Datum مشتق من مجسم يمثل الأرض.



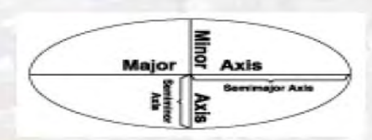
- يستخدم نظام الإحداثيات الجغرافي المعتاد المعروف بأسم الشبكة الجغرافية لوصف المواقع على سطح الأرض في عدد كبير من الخرائط.
- يتم تحديد الموقع عن طريق إحداثيين:
  - دائرة العرض Latitude وهي تمثل وحدة القياس الزاوية.
  - خط طول Longitude.





المجسمات الكروية Spheroids والسطح الأساسي Datums

- تتحدد أشكال الظواهر الجغرافية على سطح الأرض في الخرائط وفقاً للمجسم الذي أستخدم في نظام الإحداثيات الجغرافي.
- يتخذ المجسم الكروي Spheroid شكل مجسم شبه كروي، وتوجد حالات إستثنائية يكون فيها المجسم الكروي تام الإنتظام كأن يكون كرة Sphere أو شكل مجسم ناتج عن دوران قطع ناقص Ellipsoid، وهذين الشكلين من أكثر الأشكال شيوعا وبساطة.



- يمكن تعريف الكرة من خلال محور واحد فقط يمثل قطر الكرة.
- يمكن تعريف مجسم القطع الناقص من خلال محورين، الأطول يطلق عليه أسم شبه المحور الرئيس Semimajor axis والأقصر يطلق عليه أسم شبه المحور الثانوي Semiminor axis.

الإسقاط Projection



تعريف

•الإسقاط هو أسلوب لرسم المجسم الكروي للأرض (أو غيرها من الأجرام الفضائية) فوق مسطح منبسط (الخريطة – الشاشة).

•الإسقاط هوي تقنية رياضية تستخدم لرسم مجسم ثلاثي الأبعاد فوق سطح ثنائي الأبعاد.

الإسقاط هو أحد موضوعات علم الرياضيات



تقسيم نظم الإحداثيات تبعاً لإسقاطها

نظام الإحداثيات
Coordinate System

مسقطة Projected	جغرافية/غير مسقطة Geographic
•تستخدم شبكة متعامدة •تستخدم وحدات منتظمة (متر – كم.. إلخ) •أكثر دقة عند تمثيل مساحات دون الإقليمية •يمكن تحديد المساحات والأبعاد على وجه الدقة	•تستخدم شبكة كروية •تستخدم وحدات غير منتظمة (الوحدات الزاوية) •أسهل عن رسم الخرائط فوق الإقليمية •لا يمكن تحديد المساحات والأبعاد على وجه الدقة



التصحيح الهندسي Rectification والاستعدال الجغرافي Georeferencing

يستخدم في إطار العلوم المكانية مصطلحين لهما مدلولين متشابهين للوهلة الأولى هما:

- التصحيح الهندسي Rectification
- الاستعدال الجغرافي Georeferencing

<u>أوجه التشابه</u>

الخوارزميات الرقمية التي تؤدي إلى التصحيح الهندسي والاستعدال الجغرافية متطابقة

<u>أوجه الاختلاف</u>

تؤدي الخوارزميات الرقمية إلى التصحيح لهندسي للصورة إذا كان الهدف من العملية *<u>تغيير أبعاد خلية الصورة Pixels أو أن الصورة موضوع العمل تحتوى على تشوهات</u>*. أما إذا كانت الصورة *<u>لا تحتوى على تشوهات</u>* فإن هذه الخوارزميات تؤدي إلى نقل مواضع خلايا الصورة من موضع إلى موضع آخر وهو ما يمثل الاستعدال الجغرافي.

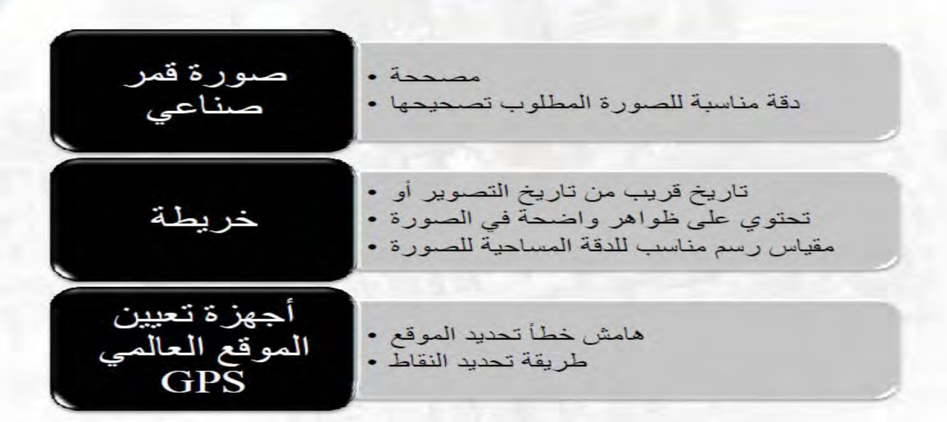


خطوات تصحيح الصورة





اختيار بيانات مرجعية مناسبة





تحديد نقاط التحكم الأرضية

تعريف

نقاط التحكم الأرضية Ground Control Points: هي نقاط معلومة الإحداثيات يستخدمها محلل الصور في تصحيح الصورة

معايير اختيار نقاط التحكم الأرض

1. **يجب أن تكون هذه النقاط واضحة في البيانات المرجعية والصورة المطلوب تصحيحها.**
2. **يجب أن لا تكون هذه النقاط قابلة للتغير بفعل الزمن كأن تكون رؤوس بحرية بل يشترط أن تكون نقاط ثابتة مع الزمن كأن تكون تقاطعات طرق.**

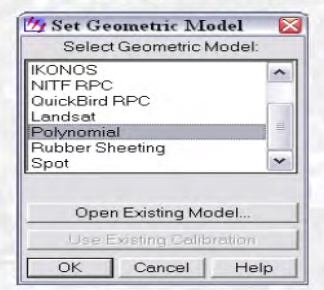
ملحوظة: تستخدم المساحة الجيولوجية للولايات المتحدة USGS منذ عام 1999 علامات أرضية معلومة الإحداثيات مثبتة في الأرض ككتل خراسانية تظهر في الصور الفضائية ذات الدقة العالية مثل IKONOS وQBird لتيسير عمليات تصحيح الصور



توقيع نقاط التحكم الأرضي على الصورة

أولاً: حالة نقاط موقعة باستخدام أجهزة تحديد الموقع العالمي

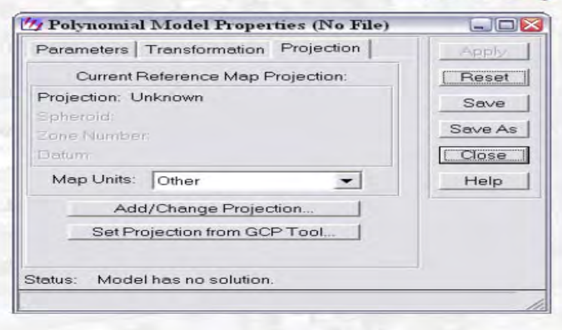
1. افتح الصورة في **Viewer**
2. من قائمة **Raster** أختار **Geometric Correction** تظهر النافذة المبينة



3 - أختار **Polynomial** ثم **OK**

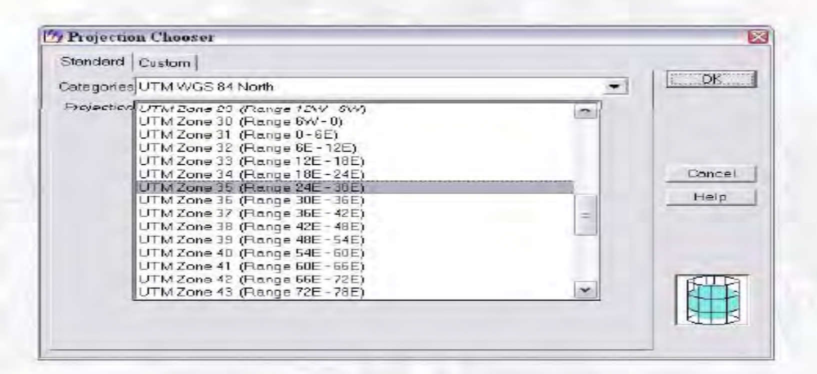


4- من النافذة التي سوف تظهر أختار التبويب **Projection** لتحديد المسقط والنظام ألإحداثي الذي سوف تستخدمه.



5- أنقر مفتاح **Add/Change Projection**.

6 – أختار التبويب **Standard** وذلك لتعيين أحد المساقط المعيارية المتعارف عليها.



7 – من **Categories** أختار فئة المسقط المطلوب ثم أختار من **Projection** أسم المسقط ثم أنقر **Ok**.

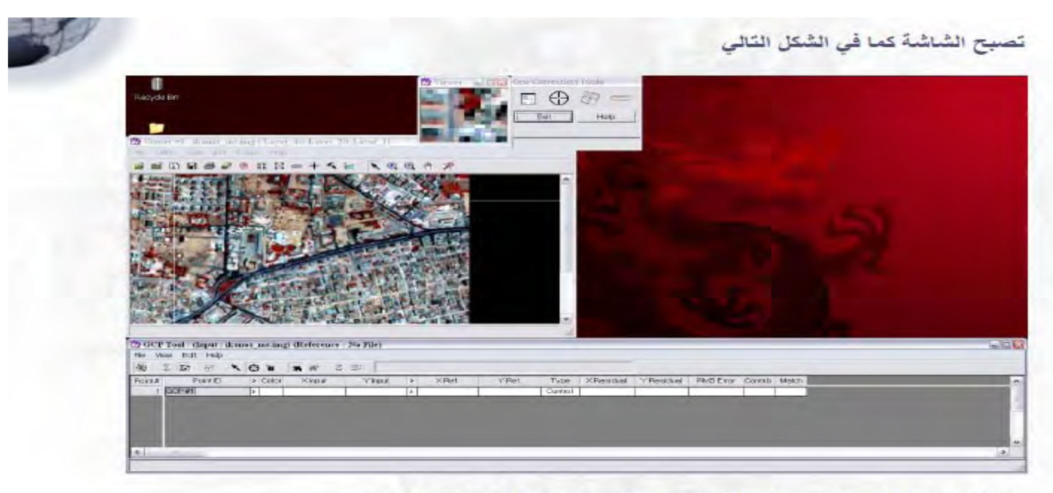
8- يتم إرجاعك إلى النافذة السابقة أنقر فوق **Close**.

9- من النافذة التي سوف تظهر أختار **Keyboard Only** ثم أختار **OK**.



10 – في النافذة التي سوف تظهر أختار **OK**.

تصبح الشاشة كما في الشكل التالي



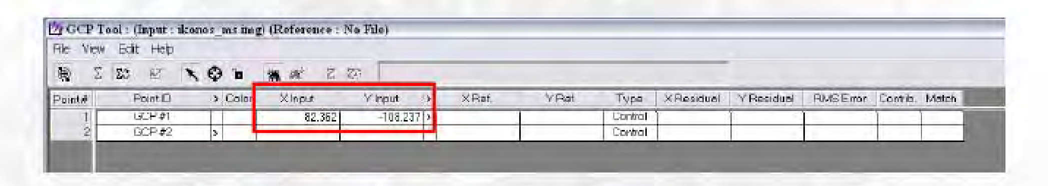
النافذة التي تحتوي الجدول في الأسفل هي التي سوف يتم فيها إدخال النقط.

11 – أنقر فوق أداة Create GCP المبينة في نافذة جدول النقط ولها الشكل.

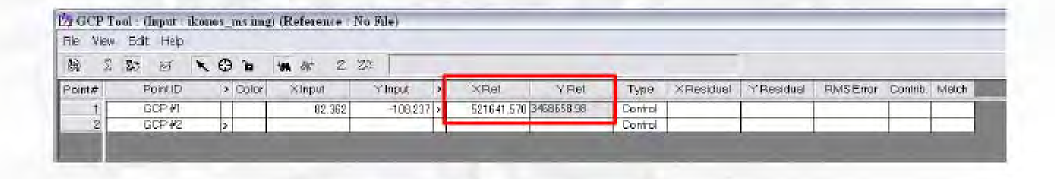


12 – أذهب إلى موضع النقطة فوق الصورة ثم قم بالنقر.
13 – تظهر النقطة فوق الصورة وإلى جانبها رقم النقطة.

تظهر في الجدول إحداثيات النقطة كما هي في الصورة المطلوب تصحيحها (أي الإحداثيات الخاطئة أو القديمة).



14 – تحت العمود X Ref و العمود Y Ref قم بكتابة إحداثيات النقطة كما تم تسجيلها باستخدام الـ GPS.





15- كرر الخطوات من 11 إلى 14 لكل نقطة من نقاط (بحد أدنى أربعة نقاط نظراً لأن نستخدم Polynomial من الدرجة الأولى، فهو يحتاج إلى ثلاثة نقاط على الأقل حتى يمكنه تنفيذ عملية التصحيح والنقطة الرابعة نحتاجها لتقييم التصحيح كما سنوضح لاحقا).





GCP Tool : (Input : ikonos_ms.img) (Reference : No File)

Control Point Error (X) 0.0257 (Y) 0.0045 (Total) 0.0261

Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
1	GCP #1		82.362	-108.237	521641.570	3468658.980	Control	0.044	-0.008	0.044	1.693	
2	GCP #2		71.523	-32.044	521599.090	3468962.410	Control	-0.015	0.003	0.015	0.580	
3	GCP #3		47.096	-175.462	521499.570	3468391.960	Control	-0.022	0.004	0.022	0.854	
4	GCP #4		222.666	-57.442	522202.310	3468959.250	Control	-0.007	0.001	0.007	0.260	
5	GCP #5						Control					

❑بعد إدخال ثلاثة نقط يلاحظ الدارس ان كل نقطة يقوم الدارس بتعيين موضعها فوق الصورة يقوم البرنامج بتحديد الإحداثيات المصححة لها. ولا يجب أن يغتر الدارس بهذه الخاصية بل عليه مواصلة إدخال النقاط كما قام بتعيينها بواسطة الـ GPS

❑يلاحظ الدارس أنه بعد إدخال أول ثلاثة نقط تظهر قسم تحت العمود X Residual و Y Residual هذه القيم تمثل مدى التباعد الأفقي والرأسي للإحداثيات التي يتنبأ بها البرنامج عن الإحداثيات التي يلقنها له المستخدم.

❑القيمة المبينة تحت العمود RMS Error الخطأ المتوسط في توقيع النقطة.



Control Point Error (X) 0.0257 (Y) 0.0045 (Total) 0.0261

القيم المبينة في المستطيل في الجانب الأعلى من الجدول تمثل:

- متوسط الخطأ الإجمالي Control Point Error (Total)
- الخطأ الأفقي الإجمالي Ground Point Error (X)
- الخطأ الراسي الإجمالي Ground Point Error (Y)

تعتبر عملية التصحيح مقبولة فنياً فقط إذا كان الخطأ الكلي الإجمالي دون الواحد الصحيح



تنفيذ التصحيح

من نافذة Geo Control Tool أختار مفتاح Display Resample Image Dialog

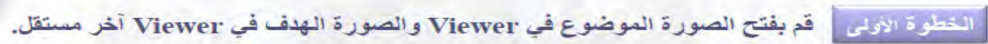


تظهر النافذة المبينة في الشكل التالي

تصحيح صورة بصورة Image to Image Rectification

- ❑تصحيح صورة بصورة هو عملية الهدف منها تعديل المسقط والنظام ألإحداثي لصورة – يطلق عليها الصورة الموضوع Subject Image ليتوافق مع صورة أخرى – يطلق عليها الصورة الهدف Object Image.
- ❑تعتمد الدقة الموضعية Location Accuracy للصورة الموضوع بعد تصحيحها على الدقة الموضعية للصورة الهدف.
- ❑يستخدم هذا النوع من التصحيح عادة عند دراسة رصد التغير Change Detection بين مجموعة من الصور حيث تعتبر أقدم هذه الصور هي الصورة الهدف لجميع الصور الأخرى.

تصحيح صورة بصورة Image to Image Rectification



قم بفتح الصورة الموضوع في Viewer والصورة الهدف في Viewer آخر مستقل.



Image to Image Rectification تصحيح صورة بصورة



من قائمة Raster في نافذة الـ Viewer التي تحتوي الصورة الموضوع نختار Geometric Correction.

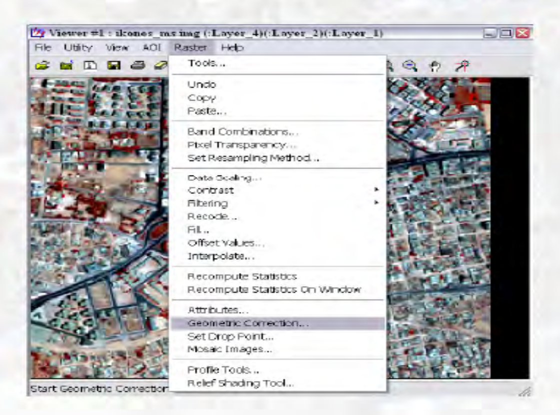


Image to Image Rectification تصحيح صورة بصورة

الخطوة الثالثة

تظهر نافذة Set Geometric Model أختار منها Polynomial ثم أنقر OK.

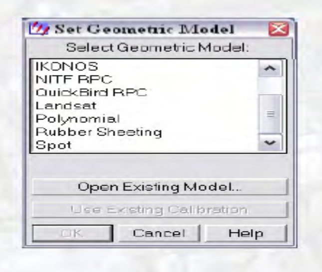
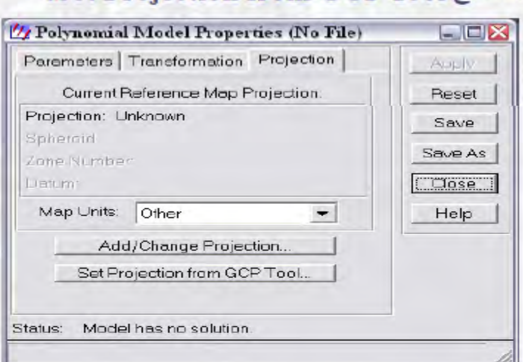
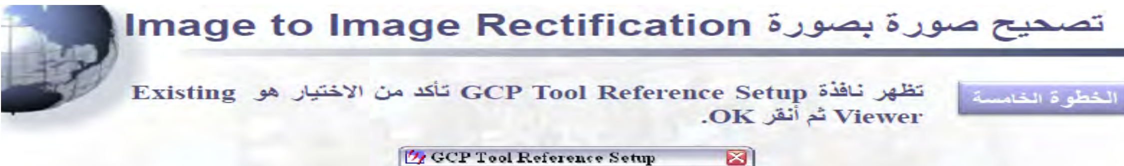


Image to Image Rectification تصحيح صورة بصورة



تظهر نافذة Polynomial Model Properties أختار التبويب Projection ثم أنقر المفتاح Set Projection from GCP Tool.





تظهر نافذة GCP Tool Reference Setup تأكد من الاختيار هو Existing Viewer ثم أنقر OK.



Image to Image Rectification تصحيح صورة بصورة



تظهر نافذة Viewer Selection Instruction وهي تطلب من المستخدم أن ينقر داخل الـ Viewer الذي يحتوي على الصورة الهدف. أنقر داخل هذا الـ Viewer.

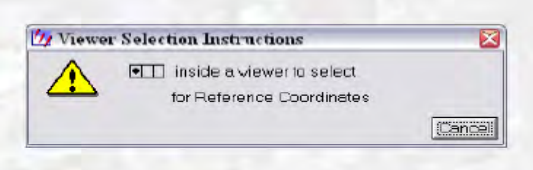
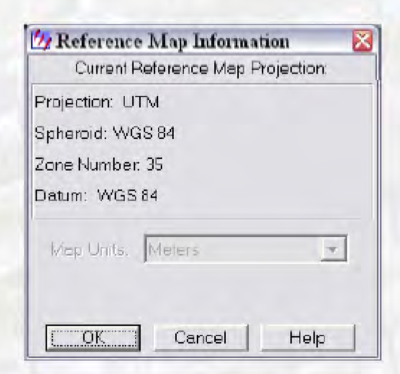


Image to Image Rectification تصحيح صورة بصورة



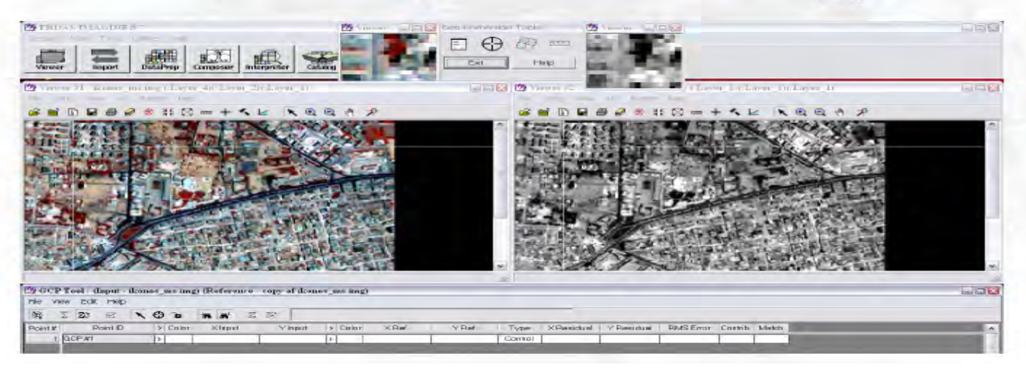
تظهر نافذة Reference Map Information لتعرض المسقط والشبكة الإحداثية المستخدمة مع الصورة الهدف، وهي بيانات غير قابلة للتبديل، أنقر المفتاح OK.



تصحيح صورة بصورة Image to Image Rectification

الخطوة الثامنة

بالنقر على المفتاح OK تصبح هيئة ERDAS كما هي مبينة في الشكل التالي. أنقر على سهم المؤشر في نافذة GCP Tool ثم اذهب إلى الصورة الموضوع وحرك مربع المؤشر ليصبح فوق نقطة واضحة في الصورتين وكذا أفعل مع الصورة الهدف.



تصحيح صورة بصورة Image to Image Rectification

الخطوة التاسعة

أنقر فوق أداة Create GCP في نافذة GCP Tool ثم اذهب إلى النقطة التي حددتها كنقطة تحكم أرضية في نافذة الصورة الموضوع ثم انقر فوق هذه النقطة لتظهر علامة نقطة التحكم الأرضية.

الخطوة العاشرة

أنقر فوق أداة Create GCP في نافذة GCP Tool ثم اذهب إلى النقطة المقابلة في نافذة الصورة الهدف ثم انقر فوق هذه النقطة لتظهر علامة نقطة التحكم الأرضية.

الخطوة الحادية عشرة

أنقر على سهم المؤشر في نافذة GCP Tool ثم اذهب إلى الصورة الموضوع وحرك مربع المؤشر ليصبح فوق نقطة واضحة في الصورتين وكذا أفعل مع الصورة الهدف.

الخطوة الثانية عشرة

كرر الخطوات التاسعة والعاشرة للنقطة الجديدة.

تصحيح صورة بصورة Image to Image Rectification

الخطوة الثالثة عشرة

قم بوضع ثلاثة أربعة نقاط على الأقل فوق الصورتين مستخدماً الخطوات السابقة.

لماذا أربعة نقاط على الأقل؟

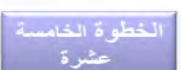
الخطوة الرابعة عشرة

تيقن من قيمة إجمالي الخطأ في الهامش المقبول.

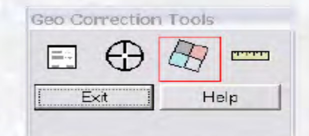
Control Point Error (X) 0.0018 (Y) 0.0008 (Total) 0.0021

ما هي القيمة التي تعتبر هامش مقبول للخطأ عند التصحيح؟

تصحيح صورة بصورة Image to Image Rectification



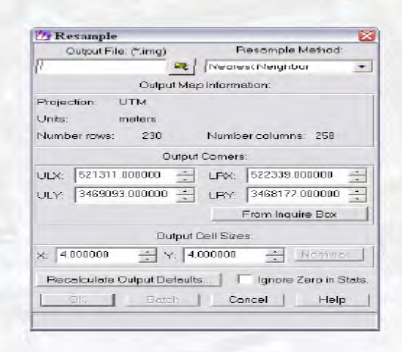
في نافذة geo Correction Tools أنقر فوق مفتاح Display Resample Image Dialog.



تصحيح صورة بصورة Image to Image Rectification

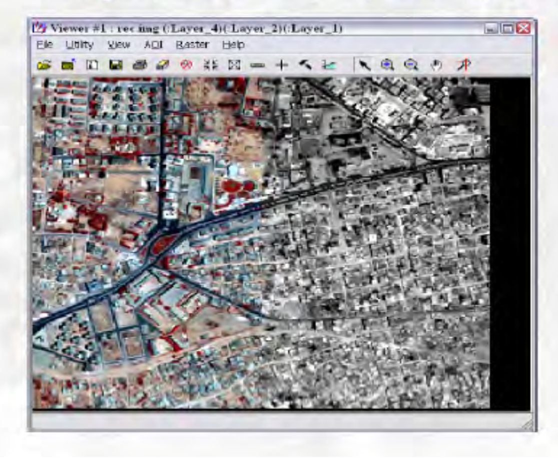


في نافذة Resample قم بتخصيص أسم الصورة الناتجة (أي الصورة المصححة) في خانة Output File ثم أنقر OK.



تصحيح صورة بصورة Image to Image Rectification

يمكنك الآن التأكد من أن الصورتين (الهدف والمصححة) قد أصبحتا متماثلتي المسقط والإحداثيات وذلك بفتحهما فوق بعض في Viewer واحد واستخدام الخاصية Swipe.



(٧) التحسين الطيفي للصور Spectral Enhancement



تعريف التصحيح الطيفي

التصحيح الطيفي Spectral Enhancement أو التحويلات الطيفية Spectral Transforms هي عمليات تتعامل مع القيم الرقمية لنفس البكسل في نطاقات مختلفة بحيث تقوم بتحويلها إلى قيم جديدة بهدف إيضاح أو إظهار الخصائص الطيفية للنطاقات موضوع البحث.

أهم أنواع التصحيح الطيفي

- ❑تحليل المركبات الأساسية Principal Component Analysis PCA
- ❑الأدلة النباتية Vegetation Index

وهما ما سوف يمثلا موضوع هذه المحاضرة، لكن يجب التنبيه على أن هناك أنواع أخرى من التصحيح الطيفي لم تذكر هنا يمكن الرجوع إلى المراجع لمعرفتها.



تحليل المركبات الأساسية

تحليل المركبات الأساسية Principal Components Analysis PCA هو عبارة عن تحويل رياضي للبيانات المختزنة في نطاقين أو أكثر من فضاء الظواهر الأصلي إلى فضاء ظواهر جديد بحيث يتحقق يتم تقليل الارتباط بين البيانات وتقليل تكرار البيانات.

فضاء الظواهر Feature Space هي طريقة تمثيل إحصائي رسومي لتكرار البيانات في نطاقين أو أكبر الغرض من أستخدمها التقييم البصري للارتباط بين البيانات.

يشار إلى فضاء الظواهر أحياناً بالاسم الشكل المبعثر Scatter Plot أو Scatter gram.

فضاء الظواهر

لإنشاء فضاء الظواهر تتبع الإجراءات التالية:

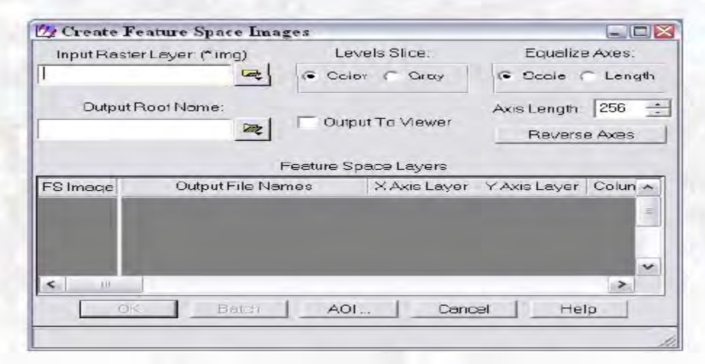
1. أختار قائمة Classification.





فضاء الظواهر

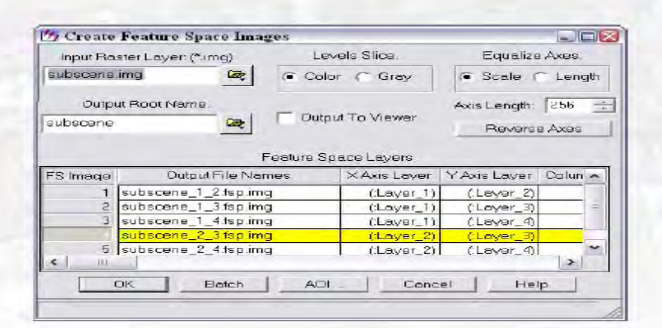
2 - من قائمة **Classification** أختار **Feature Space Image** تظهر النافذة التالية:





فضاء الظواهر

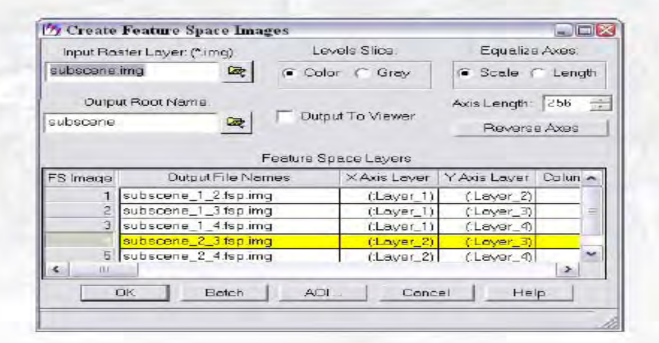
3 – حدد أسم الصورة المطلوب عمل فضاء ظواهر لكل (أو بعض) نطاقاتها في الخانة **Input Raster Layer** ثم حدد الاسم الذي سوف يكون الاسم الأساسي للصورة (أو الصور) التي تمثل فضاء الظواهر في الخانة **Output Root name.**





فضاء الظواهر

4 – قم بالنقر على أحد التراكيب المبنية في الجدول المعنون **Feature Space Layers** (في حالة ما لم تختار أي تركيب، يقوم البرنامج بحساب جميع التراكيب)

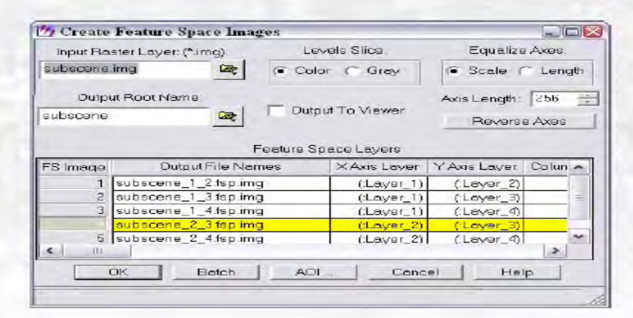




فضاء الظواهر

5 – إذا نقرت فوق المربع Output to Viewer فإن فضاء الظواهر للتركيب الذي اخترته سوف يتم إخراجه على الملف الذي حددت أسمه ويظهر في Viewer جديد، أما إذا تركته فسوف يخرج إلى الملف فحسب)

6- أنقر المفتاح OK.



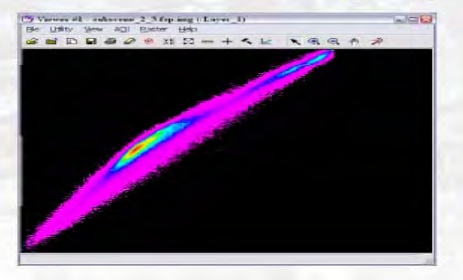


عرض وتفسير فضاء الظواهر

يتم عرض فضاء الظواهر في الـ Viewer كأي صورة

الشكل التالي فضاء الظواهر بين النطاقين الثاني والثالث في صورة من النوع Ikonos MS

المحور الأفقي (الحافة التحتية للصورة) يمثل النطاق الثاني والمحور الرأسي (الحافة اليسرى للصورة) يمثل النطاق الثالث.

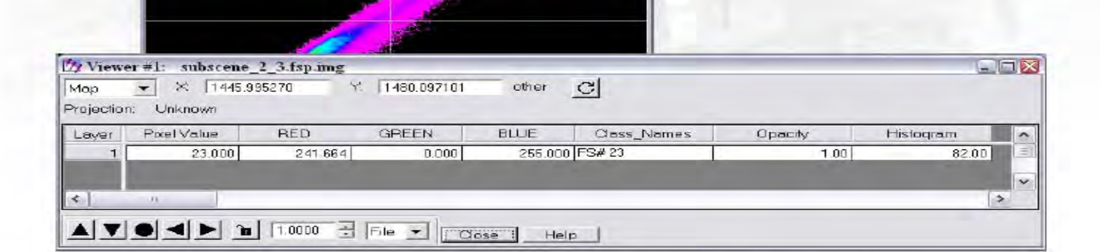




عرض وتفسير فضاء الظواهر

يمثل فضاء الظواهر علاقة الارتباط Correlation بين النطاقين موضوع الدراسة.

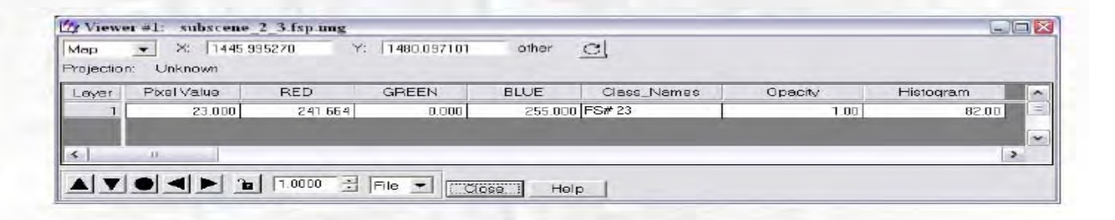
من قائمة Utility اختار Inquire Cursor ليظهر المؤشر على شكل علامة + كبيرة، قم بسحبة ورمية فوق أي نقطة من السحابة الملونة، من المفترض أن تحصل على الشكل التالي





عرض وتفسير فضاء الظواهر

حتى نتفهم معنى فضاء الظواهر، أنظر إلى نافذة الجدول، إن قيمة الـ **Pixel Value** 23 تتكرر في نفس البكسل بين النطاقين (أب أن قيمة البكسل في النطاق الثاني 23 والبكسل المناظر له في نفس مكانه في النطاق الثالث له نفس القيمة 23) تتكرر 82 مرة (القيمة المبينة في الحقل **Histogram**).





الأشكال المحتملة لفضاء الظواهر

الشكل الأول: خطي مثالي
المعنى: ارتباط تام، النطاقين متماثلين تماماً، ويمكن الاستغناء عن أي منهما في عمليات التحليل بسبب تكرارهما.

الشكل الثاني: خطي سحابي
المعنى: ارتباط كبير، النطاقين شبه متماثلين، ينصح باستخدام تحليل المركبات الأساسية وأستبدلهما بالمركبة الأساسية الناتجة عن التحليل

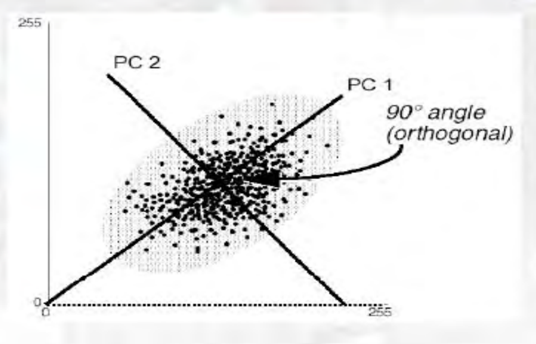


الشكل الثالث: سحابي مبعثر
المعنى: ارتباط ضئيل، النطاقين غير متماثلين، يمكن استخدام النطاقين في التحليلات، ولا ينصح بإجراء تحليل المركبات الأساسية

ملحوظة:
قد يحدث ارتباط سلبي فيكون محور الشكل (الخط المستقيم الأسود القطري) مائل 90 درجة على الاتجاه المستخدم في الأشكال السابقة. وتنطبق نفس التوصيفات على الأشكال التي تظهر ارتباط عكسي.

تحليل المركبات الأساسية

- تحليل المركبات الأساسية Principal component Analysis PCA هو تحويل رياضي Mathematical Transformation يهدف إلى تحويل القيم العددية للبكسل pixel's DN من فضاء ظواهر – حيث تظهر هذه القيم ارتباط كبير – إلى فضاء ظواهر آخر ينتفي فيه الارتباط بين النطاقات موضوع الدراسة.



تحليل المركبات الأساسية

- يستخدم تحليل المركبات الأساسية عندما تعاني الصورة من ارتباط كبير بين نطاقاتها، حيث يمكن للدارس أن يتعرف على هذا الارتباط من خلال فضاء الظواهر أو من خلال حساب مصفوفة الارتباط.
- يمكن تمييز ما إذا كانت نطاقات الصورة مرتبطة فيما بينها أم لا بملاحظة ما إذا كانت الصورة باهتة أو لا، حيث عادة ما تظهر الصور ذات الارتباط الكبير بين نطاقاتها باهتة.
- من الناحية التطبيقية يمكن استخدام تحليل المركبات الأساسية في عمليات دراسة رصد التغير Change Detection.

تنفيذ تحليل المركبات الأساسية

1. من القائمة الرئيسية للبرنامج Erdas Imagine أختار Interpreter ومنها أختار Spectral Enhancement لتظهر القائمة المبينة فيما يلي.

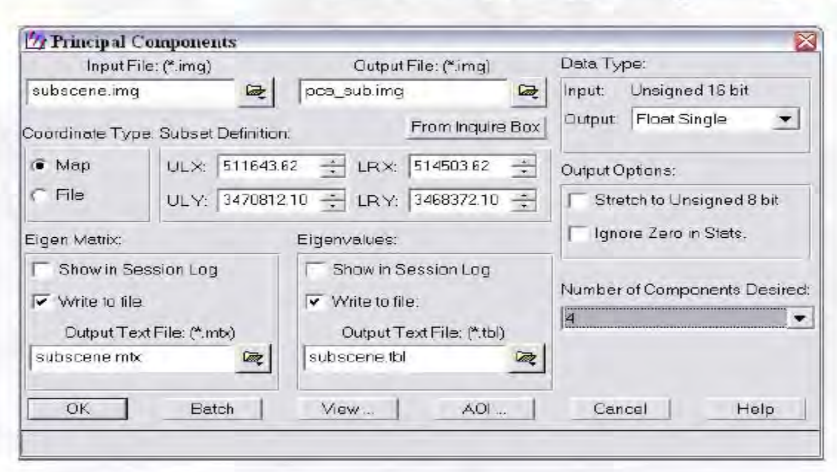


2- أنقر من هذه القائمة المفتاح Principal Component.



تنفيذ تحليل المركبات الأساسية

3 – بالنقر على المفتاح المذكور تظهر النافذة التالية:





تنفيذ تحليل المركبات الأساسية

4. في الخانة Input Image أكتب أسم الصورة المطلوب تحليلها.
5. في الخانة Output Image أكتب أسم الصورة التي سوف تنتج.
6. في الخانة Number of Components Desired أختار عدد النطاقات المطلوب أن يتم إنتاج الصورة النهائية فيها (لاحظ أن عدد النطاقات في الصورة النهائية لا يمكن أن يزيد على عدد النطاقات في الصورة المدخلة).
7. في الإطار Eigen Matrix أنقر فوق المربع Write to File ثم خصص ملف ليحتوي على الـ Eigen Matrix.
8. في الإطار Eigenvalues أنقر فوق المربع Write to File ثم خصص ملف ليحتوي على الـ Eigenvalues.
9. أنقر فوق المفتاح OK ليتم تنفيذ التحليل.

عرض صورة المركبات الأساسية

- النطاق الأول من صورة المركبات الأساسية هي الصورة الأوضح، بينما جميع النطاقات الأخرى تحتوي على الضوضاء بين النطاقات بدرجات مختلفة حيث يكون النطاق الأول ضوضاء خالصة.





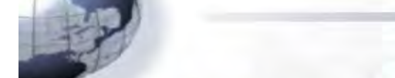
تفسير الـ Eigen Matrix

- وظيفة الـ Eigen Matrix هي إظهار كيفية تكوين نطاقات صورة تحليل المركبات الرئيسية.

	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4
Band 1	0.43081	-0.67804	-0.04339	0.59395
Band 2	0.58339	-0.28885	0.16558	-0.74081
Band 3	0.53477	0.58018	0.52859	0.31306
Band 4	0.43368	0.34671	-0.83144	0.0205

- وظيفة الـ Eigen Matrix هي إظهار كيفية تكوين نطاقات صورة تحليل المركبات الرئيسية من نطاقات الصورة الأصلية.
- المثال التالي يبين بنية المركبة الأساسية الأولى.

$$PCA1=0.43 * DN_{b1} + 0.58 * DN_{b2} + 0.53 * DN_{b3} + 0.43 * DN_{b4}$$



الأدلة الخضرية Vegetation Indices

- الأدلة الخضرية هي أحد طرق التحسين الطيفي.
- الأدلة الخضرية هي تحويل رياضي غير خطي Non Linear Transformation.

التحويل الرياضي يمكن التعبير عنه بالعلاقة: **y=f(x)** **يكون التحويل الرياضي خطياً إذا كانت هناك دالة f' تحقق العلاقة:** **x=f'(y)** **أما إذا لم توجد مثل هذه الدالة أطلق على هذا التحويل غير خطي.**

- تستخدم الأدلة الخضرية للتعرف على المعلومات الخاصة بكثافة وصحة النبات من خلال العلاقة بين البيانات الطيفية المختزنة في النطاقات الطيفية الحمراء والنطاقات الطيفية تحت الحمراء.



أهم أنواع الأدلة الخضري

- الدليل الخضرية Vegetation Index (VI) ويعطى بالعلاقة:

VI=IR-R

- دليل الفروق الخضرية الطبيعي Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ويعطى بالعلاقة:

NDVI=(IR-R)\(IR+R)

- دليل الفروق الخضرية الطبيعي المحول Transformed Normalized Difference Vegetation Index (TNDVI) ويعطى بالعلاقة:

TNDVI=((IR-R)\(IR+R)+0.5)^0.5



حساب أحد الأدلة الخضرية

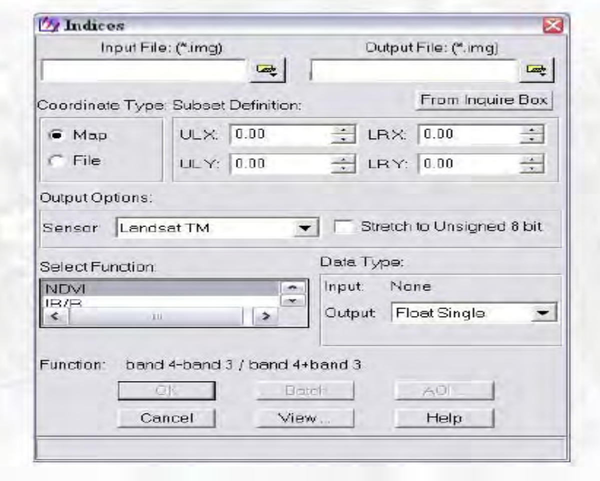
1 - من قائمة Interpreter أختار Spectral Enhancement لتظهر القائمة التالية:



2 – من هذه القائمة أختار Indices لتظهر النافذة التالية:



حساب أحد الأدلة الخضرية





حساب أحد الأدلة الخضرية

3 - عين أسم الصورة المطلوب حساب الدليل الخضري لها في الخانة Input File.

4 - عين أسم الصورة الناتجة في الخانة Output File.

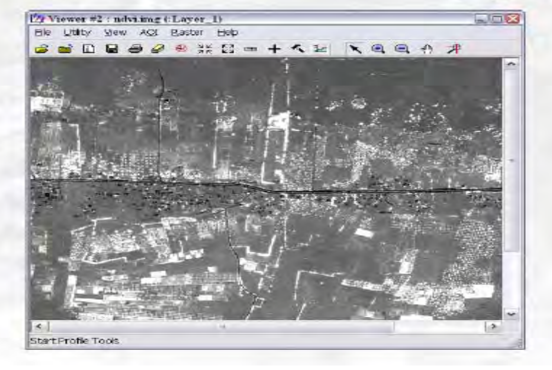
5 – من القائمة Sensor أختار نوع المجس الذي أنتج الصورة (في هذا المثال اخترت Landsat TM).

6 – من قائمة Select Function أختر الدليل المناسب (في هذا المثال اخترت NDVI).

7 – أنقر المفتاح OK.

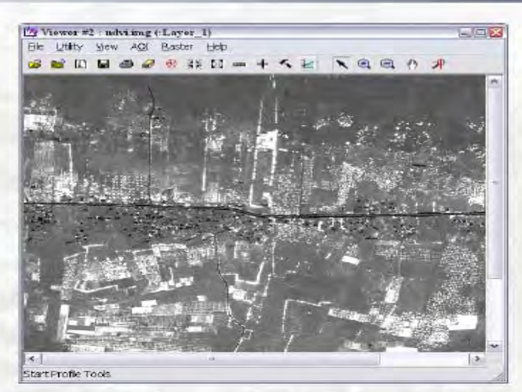
تفسير صورة الدليل الخضري

صور الأدلة عامة (والأدلة الخضرية خاصة) هي صور مكونة من نطاق واحد، لذا فإنه عند عرضها باستخدام البرنامج ERDAS Imagine تظهر باللون الرمادي كما في الصورة المبينة.





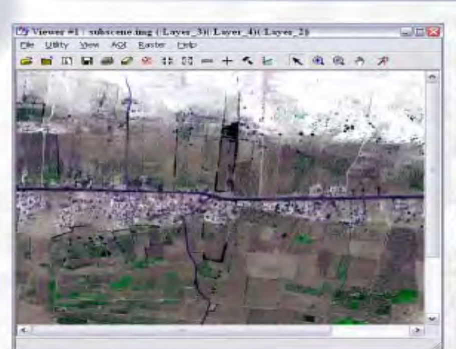
تفسير صورة الدليل الخضري

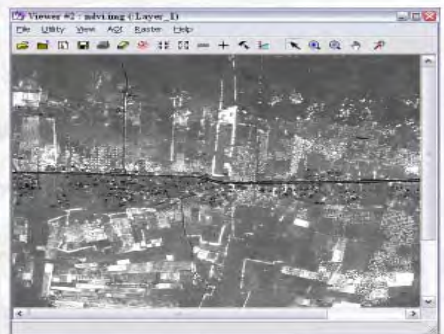


- في هذا النوع من الصور تظهر المناطق الأكثر اخضرارا (أي المغطاة بمادة تحتوي على كمية كبيرة من اليخضور Chlorophyll) باللون الأبيض، وكلما قل اليخضور أزداد قتامة البكسلات بينما تمثل البكسلات التامة السواد مناطق معدومة الغطاء النباتي.



تفسير صورة الدليل الخضري





- الصورة على اليمين هي صورة NDVI والصورة على اليسار هي الصورة الأصلية، المناطق المغطاة بالمحاصيل تظهر باللون الأبيض في الصورة اليمنى وتظهر باللون الأخضر في الصورة اليسرى



استخدامات الأدلة الخضرية

- التصحر Desertification
- تآكل الغابات Deforestation
- مراقبة المحاصيل Crops Monitoring
- إدارة المحميات الطبيعية Natural Parks Management

نبذة عن المؤلف



- الدكتور جمعة محمد داود محمود من مواليد السويس بجمهورية مصر العربية في عام ١٩٦٢م (الموافق ١٣٨٣هـ).
- حصل علي درجة البكالوريوس في الهندسة المساحية في عام ١٩٨٥م من كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها بمصر ، ودرجة الماجستير من قسم العلوم الجيوديسية والمساحة من جامعة ولاية أوهايو بالولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٩١م، ودرجة الدكتوراه في عام ١٩٩٨م من كلية الهندسة بشبرا، جامعة بنها بمصر.
- حصل د. جمعة داود علي درجة أستاذ مشارك في عام ٢٠٠٤م وكذلك درجة الأستاذية في الهندسة المساحية في عام ٢٠٠٩م (١٤٢٩ هـ).
- يعمل د. جمعة داود منذ عام ١٩٨٧م بمعهد بحوث المساحة بوزارة الموارد المائية والري بمصر، وعمل بجامعة أم القرى بمكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية في الفترة ٢٠٠٥-٢٠١٤م (١٤٢٦-١٤٣٥ هـ).
- فاز د. جمعة داود بجائزة أفضل بحث في المساحة في مصر في أعوام ٢٠٠٥، ٢٠٠٦، ٢٠٠٧، ٢٠٠٩م كما تم اختياره في الموسوعة الدولية للعلوم والهندسة Who is Who للفترة ٢٠١١-٢٠١٢م.
- نشر د. جمعة داود حتى الآن أكثر من خمسين بحثا في الجيوماتكس منهم عشرون ورقة علمية في مجلات عالمية و مؤتمرات دولية في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و انجلترا و ايطاليا و استراليا بالإضافة للنشر في مجلات و مؤتمرات في كلا من المملكة العربية السعودية و مملكة البحرين والمملكة المغربية و جمهورية مصر العربية، كما نشر ١٢ كتابا باللغة العربية في مجالات و تقنيات الجيوماتكس.
- د. جمعة داود متزوج من د. هدي فيصل الباحثة بمعهد بحوث المساحة وله ثلاثة أبناء مصطفي و محمد و سلمي.
- حج د. جمعة داود بيت الله الحرام أربعة مرات وأعتمر عدة مرات.